

أعظم استعراض فوق الأرض أدلة التطور

الجزء الثاني

توزيع : شفا عبور الذكيكية
أكبر مكتبة رقمية

تأليف: ريتشارد دوكنز

ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي

1919



أعظم استعراض فوق الأرض

أدلة التطور

(الجزء الثاني)

المركز القومي للترجمة
تأسس في أكتوبر ٢٠٠٦ تحت إشراف: جابر عصفور
مدير المركز: رشا إسماعيل

- العدد: 1919
- أعظم استعراض فوق الأرض: أدلة التطور (الجزء الثاني)
- ريتشارد دوكنز
- مصطفى إبراهيم فهمي
- اللغة: الإنجليزية
- الطبعة الأولى 2014

هذه ترجمة كتاب:

THE GREATEST SHOW ON EARTH:

The Evidence for Evolution

By: Richard Dawkins

Copyright © 2009 by Richard Dawkins

Arabic Translation © 2014, National Center for Translation

All Rights Reserved



حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمركز القومي للترجمة

شارع الجبلية بالأوبرا- الجزيرة- القاهرة. ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤

El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo.

E-mail: nctegypt@nctegypt.org

Tel: 27354524

Fax: 27354554

أعظم استعراض فوق الأرض

أدلة التطور

(الجزء الثاني)

تأليف: ريتشارد دوكنز

ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي



2014

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشؤون الفنية

دوكتور، ريتشارد

أعظم استعراض فوق الأرض: أدلة التطور (ج-٢) تأليف: ريتشارد دوكتور،

ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي

ط ١ - القاهرة: المركز القومي للترجمة، ٢٠١٤

٣٤٠ ص، ٢٤ سم

١ - التطور الاجتماعي

٢ - التغير الاجتماعي

(أ) فهمي، مصطفى إبراهيم (مترجم)

٣٠١، ٢٤

(ج) العنوان

رقم الإيداع ٧٦٧٠ / ٢٠١١

الترقيم الدولي: 4-611-704-977-978-I.S.B.N

طبع بالهيئة العامة لشؤون المطابع الأميرية

تهدف إصدارات المركز القومي للترجمة إلى تقديم الاتجاهات والمذاهب الفكرية المختلفة
للقارئ العربي وتعريفه بها، والأفكار التي تتضمنها هي اجتهادات أصحابها في ثقافتهم، ولا تعبر
بالضرورة عن رأى المركز.

تجميعات : مناسبات الأزياء أكبر مكتبة وتعليمية

المحتويات

7	الفصل الثامن: لقد فعلتها بنفسك في تسعة أشهر.....
71	الفصل التاسع: فلك القارات.....
125	الفصل العاشر: شجرة أبناء العمومة.....
191	الفصل الحادي عشر: التاريخ مسجل علينا كلنا.....
247	الفصل الثاني عشر: سباقات التسليح و"عدالة التطور".....
279	الفصل الثالث عشر: هناك عظمة في هذه النظرة للحياة.....
319	المراجع ولمزيد من القراءة.....
327	معجم إنجليزي عربي.....
333	معجم عربي إنجليزي.....

الفصل الثامن

لقد فعلتها بنفسك
في تسعة أشهر

تليجرام مكتبة فواكه في بحر الكتب

ج. ب. س. هالدين، ذلك العبقرى السريع الغضب، الذى أدى إنجازات علمية كثيرة إلى جانب أنه كان واحداً من ثلاثة من قادة المهندسين المعماريين للداروينية الجديدة، هذا العبقرى تحدث ذات مرة إحدى السيدات بعد إلقائه محاضرة جماهيرية. نُقلت هذه الحكاية شفاهاً عن جون ماينارد سميث، وهو بكل أسف ليس متاحاً ليؤكد لنا كلمات الحوار المتبادل بالضبط ولكنه جرى تقريراً كالتالى:

السيدة المتشككة فى التطور: البروفيسور هالدين، حتى باعتبار بلايين السنين التى قُلت إنها أتيت للتطور، إلا أنتى ببساطة لا أستطيع أن أؤمن بأن التطور يمكن أن ينطلق ابتداءً من خلية وحيدة، ثم وصولاً إلى الجسم البشرى المعقد، بما فيه من تريليونات الخلايا المنتظمة فى عظام وعضلات وأعصاب، وقلب يظل يضخ بلا توقف لعقود من السنين، وأميال وأميال من الأوعية الدموية، والأنابيب الصغيرة للكلى، ثم المخ القادر على التفكير والحديث والشعور.

ج. ب. س.: ولكن يا سيدتى، لقد فعلتها أنت بنفسك. ولم يستغرق ذلك منك إلا تسعة أشهر.

ربما تكون السائلة قد فقدت توازنها مؤقتاً نتيجة إجابة هالدين غير المتوقعة التى غيرت من اتجاه السؤال. أقل ما يقال أنه أحبط سؤالها برده الكيد إلى نحر صاحبه. إلا أن رد هالدين الحاسم هكذا ربما لا يؤدى إلى

إقناع هذه السيدة من أحد الجوانب. لست أدري إن كانت السيدة قد سألته سؤالاً تكميليًا، ولكن لو أنها فعلت، فربما يكون ذلك كما في السطور التالية:

السيدة المتشككة في التطور: نعم، ولكن الجنين المتنامي يتبع تعليمات وراثية. إن هذه "التعليمات" لطريقة بناء جسد معقد، هي ما تزعم يا بروفيسور هالدين أنها تطورت بالانتخاب الطبيعي. ولا زالت أجد أن من الصعب على أن أصدق ذلك، حتى لو أتحت بلالين السنين لذلك التطور.

ربما يكون للسيدة هنا وجهة نظر وجيهة، وحتى عندما يثبت أن هناك قوى فوق طبيعية هي المسؤولة في النهاية عن تصميم التركيب في الحياة، فإن من المؤكد أن هذه القوى لا "تصوغ" الأجساد الحية بسأى مما يشبه الطريقة التي يعجن بها مثلاً عاجنو الصلصال نماذجهم، أو التي ينجز بها النجارون أو الخزافون أو الخياطون أو منتجو السيارات مهام عملهم. ربما تكون "تتميتنا قد تمت على نحو رائع" ولكن "صنعنا لم يتم على نحو رائع". القوى فوق الطبيعية يمكن أن تشرف على الأمور في تنامي الجنين، كما مثلاً عندما تُجدل معا تتابعات الجينات التي توجه عملية التنامي الأوتوماتيكية. ولكنها لا تتدخل في تفاصيل ما بعد ذلك. ما تصنعه هذه القوى هو "الوصفة" الإمبريولوجية، أو شيئاً ما مثل برنامج كمبيوتر للتحكم في تنامي الجنين. ما أريده هنا هو أن أوضح أن هناك تمييزاً بين "صنع" شيء كالأطراف وبين ما يحدث واقعياً في الإمبريولوجيا.

يتوزع التاريخ القديم للإمبريولوجيا بسين مبدئين متعارضين سُميا بالتخلق السبقى (التكوين المسبق) والتخلق المتعاقب. التمييز بين الاثنين ليس دائماً مفهوماً بوضوح، وبالتالي سأنفق بعض وقت قليل في شرح هذين المصطلحين.

كان أتباع مبدأ التخلق المسبق يؤمنون بأن البويضة تحوى (هي أو الحيوان المنوى، ذلك أن أتباع هذا المبدأ كانوا ينقسمون فرعيًا إلى أتباع "مذهب البويضة" إزاء أتباع "مذهب الحيوان المنوى")، طفلاً مصغراً ضئيلاً أو بعض "قزم". أجزاء الطفل كلها موجودة في تشابك معقد في موضعها، وقد رتبَت ترتيباً صحيحاً أحدها بالنسبة للآخر، وهى تنتظر لا غير أن تُنفخ مثل ما يُنفخ بالون مقسم لأجزاء مستقلة. على أن هذا يثير مشاكل واضحة. أولاً: هذه النظرة من التكوين المسبق هي على الأقل في شكلها الساذج القديم فيها أمر يعرف الجميع الآن وجوباً أنه زائف: وهو أننا موروثون من واحد فقط من الوالدين - الأم بالنسبة للمدرسة البويضية، والأب بالنسبة للمدرسة المنوية. ثانياً: أتباع مذهب التخلق السبقى من هذا النوع عليهم أن يواجهوا أسلوباً مثل أسلوب العرائس الروسية التى تدخل الصغيرة منها داخل الكبيرة، أسلوب من ارتداداً لا نهائى للكائنات القزمة داخل كائنات قزمة - أو أنه إن لم يكن ارتداداً لا نهائياً فإنه على الأقل يستمر طويلاً بما يكفى لأن يأخذنا وراء إلى حواء (أو إلى آدم بالنسبة للمنويين). المهرب الوحيد من هذا الارتداد هو أن يتم بناء الكائن القزم من جديد في كل جيل بواسطة عملية مسح بالغة الإتقان للجسم البالغ في الجيل السابق. هذا "التوارث للصفات المميزة المكتسبة" ليس مما يحدث - وإلا كان الأطفال

اليهود يولون مختونين، وتم لمن يترددون على الجمنازيوم لبناء أجسامهم أن ينجبوا أطفالا بعصلات متينة في جدار بطنهم وصدرهم وإليتهم (ولكنها لا تماثل ما عند تواتهم الكسالى ممن يلزمون الأريكة بلا حراك) (١).

حتى نكون منصفين لأتباع التخلق السبقى فإنهم قد صمدوا بالفعل بمعنى الكلمة وبأمانة وتعقل تجاه الضرورة المنطقية لهذا الارتداد، مهما بدا ذلك سخيفاً. يؤمن البعض منهم على الأقل إيماناً فعلياً بأن أول امرأة (أو رجل) كانت تحوى أجنة مصغرة منمنمة لكل سلالتها، يتداخل أحدها في الآخر مثل العرائس الروسية. وهم بمعنى ما معقول لديهم أن يؤمنوا بذلك: بمعنى جدير بأن نذكره؛ لأنه يشكل مسبقاً لب هذا الفصل. عندما نؤمن بأن آدم "مصنوع" وليس مولوداً، فإن هذا يتضمن أن آدم لم يكن لديه جينات - أو على الأقل لم يكن يحتاج إليها حتى يتنامى. ليس هناك إمبريولوجيا لأدم، وإنما هو فقط قد وثب إلى الوجود. هناك استنتاج له صلة بذلك قد أدى بالكاتب الفكتوري فيليب جوس (الأب في رؤية إدموند جوس "الأب والابن") إلى أن يؤلف كتاباً عنوانه "Omphalos" الكلمة الإغريقية للسرة، يحتاج فيه بأن آدم لا بد وأن تكون له سرة، حتى وإن كان لم يولد بأى حال. إحدى النتائج الأرقى التى تترتب على الاستدلال السرى هي أن النجوم التى تبعد عنا بأكثر من آلاف قليلة من السنوات الضوئية لا بد أنها قد تخلقت من أشعة ضوئية جاهزة الصنع مسبقاً تمتد تقريباً بطول كل المسافة إلينا - وإلا لما تمكنا من رؤيتها إلا في المستقبل البعيد! السخرية من المبدأ السرى تبدو فيها العبثية، إلا أنه يوجد هنا نقطة جادة

(*) إشارة لتجارب أجريت للمقارنة بين تأثير النشاط والكسل في عمر وصحة الأفراد التوائم (المتوحد)

بشأن الإمبريولوجيا موضوع هذا الفصل، وهى نقطة يصعب تمامًا استيعابها - الحقيقة أنى لا زلت أنا نفسى أبذل جهدى لاستيعابها - ولا زلت أقرب منها من اتجاهات مختلفة.

مبدأ التخلق السبقى نتيجة للأسباب السابق ذكرها، وعلى الأقل فى نسخته الأصلية من نمط "العرائس الروسية"، قد ظل دائمًا مبدأ غير صالح كبدائية، هل توجد نسخة من هذا المبدأ يمكن على نحو معقول إعادة إحيائها فى عصر دنا ؟ حسن، قد يكون ذلك ممكنًا، وإن كنت أشك فيه. كتب البيولوجيا الدراسية تكرر للمرة بعد الأخرى أن D N A هو "طبعة التصميم الزرقاء"، لبناء الجسم. ولكنه فى الحقيقة. ليس كذلك. طبعة التصميم الزرقاء مثلاً أو للمنزل تجسد خريطة لتنفيذ كل جزء من التصميم منقولاً من الورق ليصبح جزءاً فى المنتج النهائى. يترتب على ما سبق أن طبعة التصميم الزرقاء قابلة لأن تُعكس. من السهل أن ننطلق من المنزل لنصل إلى طبعة التصميم الزرقاء بالالتفاف وراء فى الطريق نفسه، وذلك حاصل بالضبط لأن هناك رسم لخريطة يتمثل فيها الجزء الواحد فى المنزل مع جزء يناظره فى التصميم؛ الواقع أن الأمر هنا أسهل، لأنه بالنسبة للمنزل يكون عليك أن تبنيه"، وليس عليك هنا إلا أن تأخذ بعض المقاسات، ثم "ترسم" طبعة التصميم الزرقاء. لما إذا أخذت جسد حيوان، فهما أخذت له من مقاسات تفصيلية، لن تستطيع أن تعيد بناء D N A . هذا ما يجعل من القول بأن D N A طبعة تصميم زرقاء قولاً كاذباً.

(*) طبعة التصميم الزرقاء صورة فوتوغرافية فيها تخطيط لتصميم معمارى أو ميكانيكى مرسوم فى خطوط بيضاء على خلفية زرقاء ، ويتم على أساسه تنفيذ التصميم لصنع بناء معمارى مثلاً أو ماكينة. (المترجم)



(a) و (b) هذا الجزء الأخضر الكبير هو إزيم اليكسوكينيز، وهو إزيم مهم في عملية معالجة الجلوكوز (الجزء الصغير البني) بأن يضيف إليه فوسفات الفركتوفسفات في (a) (الموضع النشط للإزيم) يطبق على الجلوكوز (b) ويظل ممسكاً به أثناء إصالة الفوسفات ثم يطلقه. (c) تبين كيف أنه حتى الخلية الواحدة يكون منها كيان معقد لدرجة مذهلة هذه الخلية الواحدة أبعد من أن تكون كيس مملوء بحساراً، وإنما نشهد فيها مكونات غشائية منفصلة ولحمية تفل للمكونات. ملصاح فهم الطريقة التي يجمع بها هذا التركيب مما هي أن الأمر كله يتم ضمنه موضعياً، بأن تآه كليات صغيرة للتواجد الموضعية







لاشك أن هذه إحدى عجائب الدنيا . طيور
الزرزور تظهر في سرب في الشتاء فوق
أوتنور . قرب أوكسفورد . أهو على
الجماعة ؟ لا ، إنما هي وحدات موضوعة
تدعى للواعد موضوعة .

من الممكن نظريًا أن نتخيل أن D N A ربما يكون وصفًا مشفرًا للجسم - ربما تكون هذه طريقة أداء الأمور فوق بعض كوكب أجنبي - وهكذا يكون هذا الوصف نوعًا من خريطة ثلاثية الأبعاد حوّلت إلى الشفرة الخطية "لحروف" D N A. سيكون هذا قابلاً للعكس حقًا. بهذا فإن إجراء مسح للجسم لصنع طبعة تصميم زرقاء وراثية قد لا يكون بالفكرة السخيفة تمامًا. لو كانت هذه هي الطريقة التي يعمل بها D N A ، لأمكننا عندها تمثيلها كنوع جديد من مبدأ للتكوين المسبق. لن يؤدي ذلك إلى إثارة فكرة العرائس الروسية. إلا أنه ليس من الواضح لى إن كان هذا سيؤدي إلى إثارة فكرة التوارث من أحد الوالدين فقط. الواقع أن D N A يمثل طريقة دقيقة مذهلة تُجدل بها معًا نصف المعلومات الأبوية مع النصف بالصبط من المعلومات الأمية، ولكن كيف يمكن أن يقوم D N A بحدل نصف مسح لجسد الأم مع نصف مسح لجسم الأب ؟ دعنا نتجاوز ذلك: فهذا كله بعيد تمامًا عن الواقع.

وإن، فإن D N A على وجه التأكيد ليس طبعة تصميم زرقاء. الأحساد الحقيقية تختلف عن جسد آدم الذي صيغ مباشرة في شكله البالغ، فالأجساد الحقيقية، بخلاف آدم، تتطور وتنمو من خلية واحدة من خلال المراحل التوسطية للمضغة، فالجنين، فالرضيع، فالطفل، فالبالغ. ربما قد يحدث في بعض عالم أجنبي عنا أن تقوم الكائنات الحية بتجميع نفسها من قمتها لأخصصها كمجموعة منتظمة من قراءة لبيكسلات^(*) حيوية ثلاثية الأبعاد، نُقرأ من خط مسح مشفر. إلا أن هذه ليست الطريقة التي تحرى

(*) البيكسل: نقطة ضوئية هي أصغر عنصر له لمعان وضوء محكومان في عرص للفيديو أو لحرافيات الكمبيوتر. (المترجم)

بها الأمور فوق كوكبنا، والواقع أنى أعتقد أن هناك أسباباً - سبق أن عالجتها في مكان آخر؛ ولذا لن أتأولها هنا - تجعل من غير الممكن بآى حال أن يكون الأمر هكذا فوق أى كوكب^(١).

البديل التاريخى لمبدأ التكوين المسبق هو مبدأ التخلق المتعاقب. إذا كان التكوين المسبق يدور أمره كله حول طبقات التصميم للزرقاء، فإن التخلق المتعاقب يدور أمره حول شىء أكثر شبيهاً بالوصفة أو برنامج الكمبيوتر. يرد فى قاموس أوكسفورد المختصر للإنجليزية "تعريفاً للتخلق المتعاقب يُعد حديثاً إلى حد كبير، ولا أظن أن أرسطو الذى سك هذا المصطلح سوف يقر بهذا التعريف:

(١) هامش للمحترفين عند الحيز المشترك بين البيولوجيين وعلماء الكمبيوتر:

يوضح تشارلز سيموناى الأمر، وهو يتحدث بمرجعيتة كمصمم برمجيات بارر، فيقول بعد أن قرأ مسودة مبكرة لهذا الفصل: "... الوصفة (للعين، أو المخ، أو الدم، إلخ.) هي أبسط كثيراً جداً من طبعة التصميم للزرقاء للأعضاء نفسها (بلغة من "البتات bits" أو أرواج القواعد) وإلا فإن التطور سيكون مستحيلاً حرفياً (فى أقل من ١٠ ٨ ١٠ سنة) خاصة لأن التعابير الصغيرة فى طبعة التصميم للزرقاء ليس من المرجح أن يكون لها أى تأثير إيجابى، فى حين أن أى تغيير فى الوصفة سيكون له تأثير إيجابى". بالإشارة إلى "اليومورفات" و"المفصلمورفات" التى طورناها على الكمبيوتر الخاص بى (انظر الفصل الثانى) فإن دكتور سيموناى يواصل القول بأن: "الكائنات الاصطناعية التى (برمجتها من أجل كتابى "صانع الساعات الأعمى" وتسلق جبل غير المحتمل" كلها تم تصويرها عن طريق وصفات وليس عن طريق طبعة تصميم زرقاء. طبعة التصميم للزرقاء ستكون مجرد خلط غير منظم لاتجاهات لحطوط سوداء - هل نستطيع أن نتخيل أن تجرب عليها محاولة للتطور بأن تغير من نقط انتهاء الخطوط السوداء واحداً فى كل مرة أو حتى اثنين فى كل مرة؟" كما نتوقع مما قاله بيل جيتس، أحد أعظم مبرمجي العصر كله، فإن الوصفة هي ما يناسب بالصبط بيومورفات الكمبيوتر، و هي بكل تأكيد ما يناسب الكائنات الحية أيضاً.

التخلق المتعاقب: نظرية لتنامي الكائن الحي عن طريق تمايز يتقدم ابتداء من كيان هو لشيء كلي غير متمايز أصلاً^(١) (*) .

في كتاب "مبادئ النمو" الذي ألفه لويس ولبرت وزملاؤه، وصف للتخلق المتعاقب على أنه فكرة بأن تنشأ بنى جديدة على نحو يتقدم في تعاقب. التخلق المتعاقب هو في حد ذاته صادق بأحد المعاني، إلا أن التفاصيل لها أهميتها، والاشيطان يكمن في الشعرات. ما هي الطريقة التي يتنامى بها الكائن الحي بالتقدم في تعاقب ؟ كيف "يعرف" كيان هو لكل غير متمايز أصلاً الطريقة لتمييز بالتقدم في تعاقب، إن لم يكن ذلك باتباع طبعة تصميم ررقاء؟ هناك أمر أود أن أميزه في هذا الفصل، وهو يناظر إلى حد كبير التمييز بين مبدأى التكوين المسبق والتخلق المتعاقب؛ هذا الأمر هو التمييز بين المعمار المخطط و"التجميع الذاتي". معنى المعمار المخطط واضح لنا؛ لأننا نراه فيما حولنا في مبانينا ومصنوعاتنا الأخرى. التجميع الذاتي غير مألوف إلا بدرجة أقل، ولعله سيحتاج لبعض عنايه منى. التجميع الذاتي يشغل في مجال التنامي موضعاً مماثلاً للانتخاب الطبيعي في التطور، وإن كان من المؤكد أنه ليس نفس العملية. وكلاهما

(١) هناك خطر من الخلط بين كلمة التخلق المتعاقب "epigenesis" وكلمة "epigenetics" (الوراثة ميكانيك غير D N A) وهي كلمة رطانة محدثة طنانة تتمتع الآن بالشهرة لزم وحير في المجتمع البيولوجي. أيا كان ما يمكن أن تعنيه كلمة "epigenetics" (ويبدو أن المتحمسين لها لا يستطيعون حتى الاتفاق مع أنفسهم، ناهيك من أن يتفقوا مع الغير)، فكل ما أتوى أن أقوله هنا عنها أنها ليست الشيء نفسه مثل كلمة epigenesis، أو النطق المتعاقب. (*) Epigenetics: دراسة تغيرات في المظهر أو تعبير الجين تتبع عن ميكانزمات أخرى غير التعبيرات في D N A. أحسن مثل ذلك هو تمايز خلايا الجنين، وتمايز الخلايا الجذعية. المعنى الحرفي لكلمة epigenetics هو ما فوق أو ما يضاف للوراثيات. (المنرحم)

ينجز النتائج بوسائل لوتوماتيكية غير متعمدة وغير مخططة، نتائج تدو للنظرة السطحية. كأنها قد خططت بتدقيق شديد.

حين تحدث ج. ب. س هالدين إلى السائلة المتشككة ذكر في رده الحقيقة البسيطة، ولكنه ما كان لينكر أن هناك سرًا غامضًا يكاد يقرب من المعجزة (ولكنها مما لا يحدث قط أن تصل ها هنا) هو حقيقة أن خليفة وحيدة ينشأ عنها جسد بشري بكل تعقده. وهذا السر يخفف منه بعض الشيء فحسب أن هذا العمل الفذ يتم إنجازه بمساعدة من تعليمات DNA. السبب في استمرار بقاء هذا السر هو أن من الصعب علينا أن نتحليل، ولو من حيث المبدأ، كيف يمكننا أن نأخذ في كتابة تعليمات لبناء الجسد بالطريقة التي يتم بها بناء الجسد في الحقيقة، أي بما أسميته في التو "التجميع الذاتي". وهو أمر له علاقة بما يسميه أحيانًا مبرمجي الكمبيوتر بأنه عملية برمجة "من أسفل لأعلى"، على عكس البرمجة "من أعلى لأسفل".

يصمم مهندس معماري كاتدرائية عظيمة. ثم يحدث من خلال سلسلة تراتبية من الأوامر أن يتم تقسيم عملية البناء إلى شعب منفصلة، وهذه للشعب تقسم ما لديها إلى شعب فرعية أصغر، وهكذا دواليك حتى يتم في النهاية تسليم التعليمات إلى الأفراد من البنائين، والنجارين، والزجاجين، وهؤلاء ينطلقون في العمل حتى يتم بناء الكاتدرائية، وهي تماثل كثيرًا الرسم الأصلي للمهندس المعماري. هذا تصميم من أعلى لأسفل.

التصميم من أسفل لأعلى يعمل بطريقة مختلفة تمامًا. ثمة أمر لم أصدقه أبدًا، إلا أنه كانت هناك أسطورة معتادة عن أن بعضًا من أروع كاتدرائيات أوروبا ليس لها مهندس معماري. لا أحد قد صمم الكاتدرائية. كل بناء ونجار ينشغل بالأمر نفسه، بطريقة مهاراته الخاصة به، وهو

يعمل في زوايته الصغيرة من البناء، ولا يلقى إلا أقل انتباه لما يفعله الآخرون، وليس هناك أى خطة عامة يراعيها. على نحو ما، ستستيق كاتدرائية من هذه القوضى. لو كان هذا قد حدث حقاً فإنه يكون معماراً من أسفل لأعلى. على الرغم من هذه الأسطورة، إلا أن من المؤكد أن الأمر لم يكن هكذا فيما يتعلق بالكاتدرائيات^(١). ولكن هذا إلى حد كبير "هو" ما يحدث عند بناء كومة مأوى للنمل الأبيض أو عش للنمل - وما يحدث كذلك في تنامي المضغة. وهذا هو ما يجعل الإمبريولوجيا مختلفة تماماً عن أى مما نألفه نحن البشر، من حيث طريقة البناء أو الصنع.

ينطبق المبدأ نفسه في العمل من أجل أنواع معينة من برامج الكمبيوتر، ومن أجل أنواع معينة من سلوك الحيوان - وعندما نجمع بين الاثنين معاً - أى عند عمل برامج كمبيوتر مصممة لمحاكاة سلوك الحيوان. لنفترض أننا نريد أن نفهم سلوك السرب المحلق من طيور الرزور. هناك بعض أفلام مذهلة متاحة على "اليوتيوب"، قد أخذت منها اللقطات في ص ١٢ الملونة. صوّر ديلان وينتر هذه التحركات الرشيفة كالباليه فوق "أوتومور" بالقرب من أوكسفورد. الأمر الملفت في سلوك طيور الرزور، هو أنه على الرغم من كل المظاهر، إلا أنه لا يوجد مصمم رقصات، وفي حدود ما نعرفه، ليس هناك قائد. كل طير فرد يتبع لا غير قواعد موضعية.

(١) د كريستوفر تيرمان أستاذ زميل لي يدرس تاريخ العصور الوسطى، وهو يؤكد أن هذه حقاً مجرد أسطورة اخترعت في العصر الفيكتوري لأسباب مثالية، ولكن ليس فيها أبداً أى درة من الحقيقة

عدد أفراد الطيور في هذه الأسراب المحلقة قد يصل إلى الآلاف، إلا أنها حرفيا لا تتصادم قط. هذا أمر طيب تمامًا؛ لأنه باعتبار السرعة التي تطير بها هذه الطيور فإن أي اصطدام كهذا سيصيبها بأذى شديد. كثيرا ما يبدو السرب المحلق كله وكأنه يسلك كفرد واحد، وينطلق ويلتف كفرد واحد. من الممكن أن يبدو الأمر وكأن الأسراب المنفصلة يتحرك أحدها من خلال الآخر في اتجاهين مضادين، وكل منها يحافظ على تماسكه كسرب منفصل. الأمر هكذا يبدو تقريبًا كمعجزة، ولكن الأسراب في الواقع تكون على مسافات مختلفة من الكاميرا ولا يحدث بالمعنى الحرفي أن يتحرك أحدها من خلال الآخر. مما يضيف إلى المنعة الجمالية أن أطراف الأسراب تكون محددة تحديدًا دقيقًا. الأطراف لا تتلاشى تدريجيا، وإنما تصل إلى حد فاصل حاد. كثافة عدد الطيور داخل الحد مباشرة لا تقل عنها في وسط السرب، ويكون العدد صفرا خارج الحد. ألا ترى عندما تفكر في الأمر بهذه الطريقة، أنه أمر رائع بما يذهل ؟

هذا الأداء كله يصنع ما هو أكثر من المعتاد من الصور الرائعة التي تُنخر على شاشة الكمبيوتر. لن تحتاج لأن يكون هناك فيلمًا حقيقيًا لطيور الزرور؛ لأن متحر صورك على الشاشة سيكرر نفس حركات الباليه المطابقة لذلك المرة بعد الأخرى، وبالتالي لن تستخدم لهذا كل البكسلات. كل ما تحتاجه هو "محاكاة" كمبيوتر لأسراب الزرور المحلقة؛ وسيخبرك أي مبرمج أن هناك طريقة صحيحة لفعل ذلك وأخرى خطأ. عليك ألا تحاول تصميم رقصات الباليه كله - سيكون هذا أسلوب برمجة سيئًا إلى حد رهيب بالنسبة لمهمة من هذا النوع. أجد أنني في حاجة لأن أحدث عن الطريقة الأفضل لفعل ذلك؛ لأن هناك ما يشبه هذا وبشكل على

نحو مؤكّد تقريبًا الطريقة التي برمجت بها للطيور نفسها في مخها، والأهم في هذه النقطة أن فيها تماثل كبير لطريقة عمل الإمبريولوجيا.

هاكم طريقة برمجة سلوك الأسراب المحلقة من طائر الزرزور. عليك أن تركز كل جهدك تقريبًا لتبرمج سلوك طائر فرد واحد. ستبنى في روبوت طائر الزرزور قواعد تفصيلية للطريقة التي يطير بها، والطريقة التي يتفاعل بها مع وجود طيور الزرزور المجاورة، بما يعتمد على مسافة بعدها وموضعها النسبي. ستبنى فيه أيضًا قواعد لمدى ما يعطيه من أهمية لسلوك جيرانه، وما يعطيه من أهمية للحافز الفردي لتغيير الاتجاه. تتوفر المعلومات عن هذه القواعد النموذجية من القياسات الدقيقة لطيور حقيقية أثناء الفعل. ستضفي على طائر فضائك المعلوماتي بعض نزعة معينة لإحداث تغيير عشوائي في قواعده. الآن وقد كتبت برنامجًا معقدًا لتحديد القواعد السلوكية لطائر زرزور واحد، ستصل إلى الخطوة الحاسمة التي أعمل على تأكيدها في هذا الفصل، عليك "ألا تحاول" برمجة سلوك السرب بأكمله، الأمر الذي ربما كان سيفعله الجيل الأسبق من مبرمحي الكمبيوتر. عليك بدلًا من ذلك أن تستسخ طائر زرزور الكمبيوتر الذي برمجته. فلتنصع ألف نسخة من الطائر الروبوت، وربما تجعلها كلها تتماثل إحداها مع الأخرى، أو ربما يكون فيها بعض تغاير عشوائي طفيف في قواعدها. والآن هيا "أطلق الآلاف من نموذج طائر الزرزور في كمبيوترك، وهكذا تكون حرة في أن تتفاعل إحداها مع الأخرى، وكلها تدّعي للقواعد نفسها.

إذا كنت قد حصلت على قواعد السلوك الصحيحة لطائر زرزور واحد، فإن آلاف من طيور زرزور الكمبيوتر، التي يبدو كل منها كنقطة على الشاشة، سوف تسلك مثل سرب طيور زرزور حقيقية تحلق شتاء. إذا كان سلوك تحليلق الطير

ليس صحيحًا تمامًا، يمكنك أن تعود وراء ثانية وأن تعدل سلوك طيور الزرزور المعرد، ربما في ضوء المزيد من القياسات لسلوك طيور الزرزور الحقيقية. والآن عليك أن تستسخ النسخة الجديدة لألف مرة، وتضعها مكان الألف التي لم تعمل تمامًا بنجاح. عليك أن تواصل تكرار إعادة برمجة طائر الزرزور الواحد المستسخ، حتى يصبح سلوك تحليق الآلاف منه على الشاشة في صورة واقعية مرضية تُدخِر على الشاشة. كتب كريج رينولتز في ١٩٨٦ برنامجًا حسب هذه الخطوط اسماء "بويد، Boids" (وهو ليس بوجه خاص عن طيور الزرزور).

النفطة المفتاح هنا هي أنه لا يوجد مصمم للرقصات ولا يوجد قائد. النظام والترتيب والبنية - كلها "تنبثق" كمنتجات جانبية لقواعد يتم الإدعان لها "موضعيًا" ولمرات كثيرة متكررة، وليس على نحو شامل. وهذه هي الطريقة التي تعمل بها الإمبريولوجيا. فهي تتم كلها حسب قواعد موضعيه، على مستويات مختلفة ولكن ذلك يكون على وجه الخصوص على مستوى الحلية الواحدة. لا يوجد مصمم رقصات. لا يوجد قائد للأوركسترا. لا يوجد تخطيط مركزي. لا يوجد مهندس معماري. في محال التنامي، أو التصنيع يكون المرانف لهذا النوع من البرمجة هو "التجميع الدائري".

هيا سطر إلى جسد الإنسان أو النسر، أو الخلد، أو الحرفيل، أو فهد الشيتا، أو الصغدعة النمر، أو طائر السنونو: هذه كلها أجساد قد ركت معا على نحو عايق في الجمال، حتى ليبدو من المستحيل أن نصدق أن الجينات التي تبرمج تناميها لا تعمل كطبعة تصميم زرقاء، كتصميم، كخطة أساسية. ولكن لا: الأمر هنا مماثل لطيور زرزور الكمبيوتر، فكله يتم بواسطة حلل فردية تدعن قواعد موضعية. هذا الجسد الذي "صمم" على نحو جميل "ينبثق" كنتيجة تترتب على قواعد يتم الإدعان لها "موضعيًا"

بواسطة الخلايا المفردة، بدون الرجوع إلى أى شىء يمكن أن يسمى بأنه خطة عامة شاملة. خلايا المضغة المتنامية تتطوّر لتدور وترقص إحداها حول الأخرى مثلما تفعل طيور الزرزور في الأسراب الضخمة المحلفة. على أن هناك أوجه اختلاف مهمة. للخلايا، بخلاف طيور الزرزور، مربوطة فيزيقيا إحداها بالأخرى في صفحات وكتل: "أسراب" الخلايا تسمى "أنسجة". عندما تدور الخلايا وترقص مثل نممات لطيور الزرزور، تكون النتيجة التى تترتب على ذلك هي تشكيل أشكال بثلاثة أبعاد، بينما الأنسجة تنمى في استجابة لحركات الخلايا ('')؛ أو أنها تنفخ أو تنكمش بسبب الأنماط الموضعية لنمو الخلايا وموتها. التمثيل بالقياس الذى أفضله هنا هو الفن اليابانى لطي الورق في أشكال (الأوريكامي، origami)، كما بطرح لويس ولبرت عالم الإمبريولوجيا المتميز في كتابه "النصار المصنعة"؛ ولكنى قبل الوصول إلى ذلك أحتاج لأن أزيح من الطريق بعض أمثلة القياس البديلة التى قد تطرأ على الذهن - أمثلة قياس مستفاه من الحرف النثرية وعمليات التصنيع.

أمثلة قياس للتنامي

من الصعب إلى درجة مدهشة أن نعثر على مثل قياس جيد لتنامي النسيج الحى، إلا أننا يمكننا أن نجد مشابهاة جزئية لجوانب معينة من العملية. تعبير الوصفة يستوعب بعضا من الحقيقة، وهو مثل قياس أستخدمه أحيانا ليفسر السبب في أن تعبير "طبعة التصميم للزرقاء" غير مناسب. للوصفة لا تقبل الانعكاس،

(١) تعتمد: أى تنطوى للداخل لتشكل تجويفا، "تلف أو تنطوى على نفسها ظهرا لظهر". (قاموس أوكسفورد المختصر للإنجليزية).

وذلك بخلاف طبعة التصميم الزرقاء. عندما نتبع وصفة لصنع الكعك خطوة فخطوة، سننتهي إلى صنع كعكة. ولكننا لا نستطيع أن نأخذ كعكة ونعيد منها إنشاء الوصفة - لن نصل بكل تأكيد للكلمات المضبوطة للوصفة - في حين أننا كما سبق أن رأينا نستطيع أن نأخذ بيتاً ثم نعيد منه إنشاء شيء قريب الشبه بطبعة التصميم الزرقاء الأصلية. سبب ذلك أن هناك رسم خريطة للأجزاء بحيث أن كل جزء من أجزاء البيت يماثل جزءاً من طبعة التصميم الزرقاء. أما في حالة الكعكة فلا يوجد رسم خريطة للأجزاء يماثل فيها كل جزء من أجزاء الكعكة جزءاً من كلمات الوصفة مثلاً أو عباراتها، وذلك فيما عدا بعض استثناءات ظاهرة مثل أن نوضع ثمرة كرز فوق قمة الكعكة.

نرى أى أوجه أخرى قد توجد من التماثل بالقياس مع ما يصنعه الإنسان ؟ النحت يكون في غالبه بعيداً تماماً عن ذلك. النحات يبدأ بكتلة من حجر أو خشب ويشكلها بعملية طرح منها، فيأخذ في تفسير شظايا رقيقة بعيداً عن الكتلة بحيث أن كل ما سيبقى هو الشكل المطلوب. على أن هناك فيما يقر به الجميع بعض مشابهة قوية في ذلك لعملية معيبة في الإمبريولوجيا تسمى الموت المبرمج للخلية. الموت المبرمج للخلايا يشترك مثلاً في تنامي أصابع اليد والقدم. نجد في الجنين البشري أن أصابع اليد تكون كلها متصلة معاً وكذلك أصابع القدم. كلنا في الرحم يكون لدينا أقدام وأيدي بجليدة أو وترة بين الأصابع. يختفى هذا الربط بالجليدة (في معظم الناس؛ وإن كان هناك أحياناً استثناءات لذلك) ويتم ذلك عن طريق الموت المبرمج للخلايا. يذكرنا هذا إلى حد ما بالطريقة التي ينحت بها النحات الأشكال، على أن هذا الأسلوب ليس شائعاً بما يكفي، ولا مهماً بما يكفي، لأن يستوعب الطريقة الطبيعية لعمل الإمبريولوجيا. علماء الإمبريولوجيا

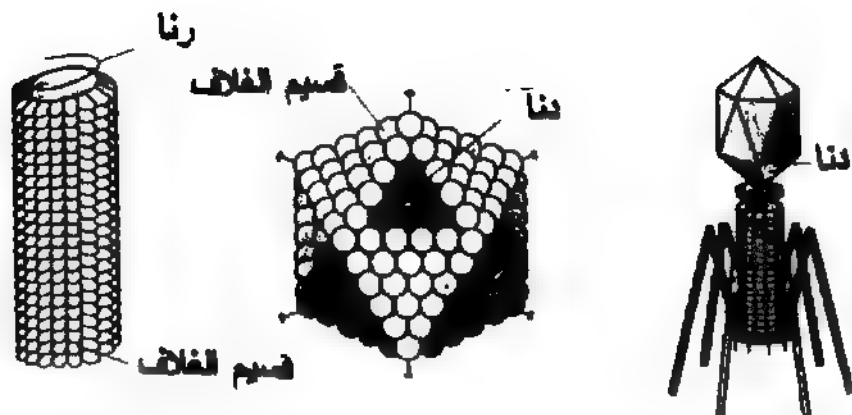
ربما يفكرون لزمن وجيز في "لزميل النحات"، ولكنهم لا يسمحون لهذه الفكرة بأن تتلبث طويلاً.

بعض النحاتين لا يعملون بالطرح بالحفر وإنما يعملون بأن يأخذوا كتلة من الصلصال، أو للشمع اللين، ويعجنونها في الشكل المطلوب (وربما يلي ذلك أن يصب للشكل في البرونز مثلاً). هذا بدوره ليس بمثل جيد للقياس مع الإمبريولوجيا. ليس هناك مثل جيد أيضاً في حرفة الخياطة أو صنع الملابس. فهنا تؤخذ قطعة قماش موجودة مسبقاً. وتُقَصُّ لأشكال صممت في نموذج (باترون) سبق تخطيطه، ثم نحاك معاً مع الأشكال الأخرى التي قصت. وكثيراً ما يحدث بعدها أن تقلب ظهراً لبطن لتتحقق عرز الخياطة - هذا الجزء هو على الأقل ما يوجد فيه مثل قياس جيد لأجزاء معينة من الإمبريولوجيا. على أن الإمبريولوجيا عموماً لا تشبه الخياطة أكثر مما تشبه النحت. ربما تكون خياطة الحبك بالعقد (التريكو) فيها مثل أحسن في أن الشكل الكلي لسترة (السويتير) مثلاً ينسب تدريجياً من عرز فردية، مثل الخلايا للفردية. على أن هناك أمثلة قياس أخرى أفضل، كما سوف نرى.

ماذا عن تجميع سيارة، أو أي ماكينة معقدة، على خط تجميع بأحد المصانع: هل في هذا قياس بتمثيل جيد؟ تجميع أجزاء مصنوعة مسبقاً هو مثل النحت والخياطة طريقة تصنع الأشياء بكفاءة. في مصنع السيارات تكون الأجزاء مصنوعة مسبقاً، غالباً بالصب في قوالب في مسبك (وفيما اعتقد لا يوجد أي شيء في الإمبريولوجيا يشبهه ولو من بعيد الصب في قوالب). تجمع معاً الأجزاء المصنوعة مسبقاً فوق خط تجميع فيتم تثبيتها بمسامير لولبية، وتبرشم، وتلحم أو تلتصق معاً بغراء، ويتم ذلك خطوة بعد

خطوة حسب خطة رسمت بدقة. مرة أخرى ليس في الإمبريولوجيا أى شىء يشبه خطة مرسومة مسبقاً. ولكن هناك أوجه شبه من حيث أنه تلصق معاً بنظام أجزاء تم تجميعها مسبقاً، بما يشبه ما يحدث في مصنع لتجميع السيارات حيث يُضم معاً أجزاء مصنعة مسبقاً مثل المكربنات (الكربوريتور)، ورؤوس الموزع الكهربائي، وسيور المروحة، ورؤوس الأسطوانات، كلها تُضم وترتبط معاً في الموضع الصحيح.

فيما يلي أمثال لثلاثة أنواع من الفيروسات. إلى اليسار الفيروس الفسيفسائي للطباق، الذي يتطفل على نبات الطباق والأعضاء الأخرى في فصيلة "سولاناسي"، Solanaceae، مثل الطماطم. يوجد في الوسط فيروس غددى يصيب بالعدوى للجهاز التنفسي في حيوانات كثيرة، بما فيها إيانا. إلى اليمين فيروس "بكتريوفاج تى"، T4 bacteriophage الذى يتطفل على البكتريا. يبدو هذا البكتريوفاج وكأنه مركب فضاء تحط على القمر، وهو يسلك إلى حد ما مثل هذه المركب، فهو "يحت" هابطاً على سطح خلية البكتريا، وهى أكبر كثيراً جداً منه، ثم ينزل حافضاً نفسه فوق "سيفانه" العنكبوتية، ثم يدفع بمجس لأسفل في الوسط، خلال حدار خلية البكتريا، ويحقن دناه داخلها. يختطف DNA الفيروسى بعدها ماكينة صنع البروتين في خلية البكتريا فيتلفها لتتحول إلى صنع فيروسات جديدة. نوعا الفيروسين الآخرين في الصورة يعلان شيئا يماثل ذلك، وإن كانا لا يشبهان ولا يسلكان مثل فيروس مركب النزول على القمر، في كل هذه الحالات نجد أن المادة الوراثية للفيروس تختطف جهاز صنع البروتين في خلية العائل وتحول خط إنتاجه للجزيئى إلى آلة تصج بإنتاج الفيروسات بدلا من منتجات الجهاز الطبيعية.



ثلاثة أنواع من الفيروسات

معظم ما نراه في هذه الصور للفيروسات هو وعاء بروتيني للمادة الوراثية، وفي حالة مركبة النزول على القمر "أو بكتريوفاج" تىء تظهر الصورة ماكينة إحداث العدوى في العائل. المهم هنا هو الطريقة التى يضم بها معاً جهاز البروتين هذا. إنه حقاً يجمع ذاتياً. يتم تجميع كل فيروس من جزيئات بروتين مصنوعة مسبقاً. كل جزيء بروتين قد سبق تجميعه ذاتياً، بطريقة سوف نراها لاحقاً، ويكون ذلك "بنية ثلاثية" تعد خاصية متميزة، ويتم هذه البنية حسب قوانين للكيمياء تعطىها تنالى الأحماض الأمينية الخاص بها. وبعدها يحدث في الفيروس أن تضم جزيئات البروتين معاً أحدها مع الآخر لتشكّل ما يسمى "بالبنية الرباعية"، ويتم هذا مرة أخرى باتّباع قواعد موضعية. لا توجد أى خطة شاملة، ولا يوجد أى طبعة تصميم زرقاء.

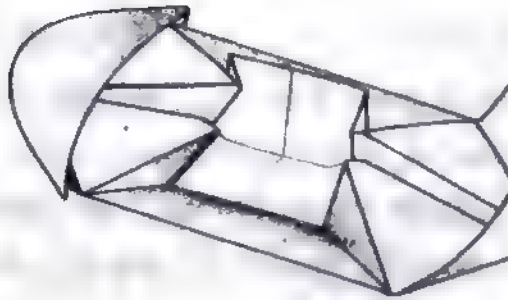
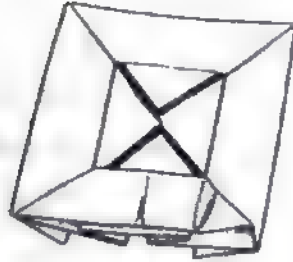
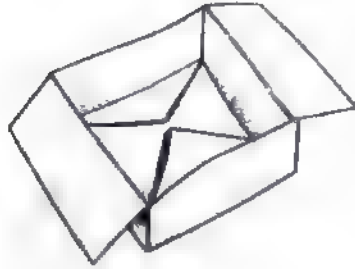
وحدات البروتين الفرعية التي تتضم معاً مثل قطع لعبة الليجو، لتشكل البنية الرباعية، تسمى قسيم الغلاف (capsomere). لاحظ مدى الكمال الهندسى في هذه البنيات المشيدة الصغيرة. للفيروس الغدى في وسط الصورة لديه بالصبط ٢٥٢ من قسيمات الغلاف، المرسومة هنا في شكل كرات صغيرة تنتظم في شكل مجسم له عشرون وجه. هذا المجسم دى العشرين وجه هو المادة الجامدة المثالية الأفلاطونية التي لها ٢٠ وجه مثلث. تنتظم قسيمات الغلاف في هذا المجسم العشرينى بدون أى نوع من خطة أساسية أو طبعة تصميم زرقاء، وإنما تنتظم بساطة بأن يدعن كل واحد منها لقواتين الجذب الكيميائى الموضعى عندما تصطدم مع قسيمات أخرى مماثلة. هذه هي الطريقة التي تتكون بها البلورات، والحقيقة أن الفيروس العدى يمكن أن يوصف بأنه بلورة جوفاء صغيرة جداً. عملية "تيلور" الفيروسات فيها مثل رائع بوجه خاص "التجميع الذاتى" الذى أ طرح أنه منداً رئيسى يتم بواسطته صم أجزاء الكائنات الحية معاً. بكتريوفاج تى٤ "الهابط على القمر" له أيضاً شكل مجسم بعشرين وجه هو الوعاء الرئيسى لنفاه، ولكن بنيته الرباعية المحمعة ذاتياً أكثر تعقيداً، فهي تتضمن وحدات بروتين إضافية، يتم تجميعها حسب قواعد موضعية مختلفة، وذلك في جهاز الحقن وفى "السيقان" المتصلة بمجسم الوجوه العشرين.

إذا عدنا من الفيروسات إلى إمبيولوجيا الكائنات الأكبر، فإن هذا يصل بى إلى التمثيل المفصل لى بالنسبة لتكنيكات البناء البشرى، وهو فن الأوريجامى. الأوريجامى فن البناء بطى الورق، وقد تطور لأكثر مستوياته تقدماً في اليابان. التكوين الأوريجامى الوحيد الذى أعرف طريقة صنعه هو ما يسمى "السفينة الصينية". وقد تعلمته من أبى، الذى تعلمه أثناء نوبة جنون اجتاحت مدرسته الداخلية أثناء عشرينيات القرن العشرين^(١). أحد الملامح الواقعية بيولوجيا هو أن

(١) انعرضت هذه النوبة للجنونية، ولكنى أعدت إدخالها في المدرسة نفسها في خمسينيات القرن العشرين، وما لبثت أن انتشرت وكأنها تماماً وباء ثان من المرض نفسه.

"إمبريولوجيا" السفينة الصينية تمر من خلال أطوار عديدة من توسطات "يرقية"، تعد هي نفسها تكوينات ممتعة، بما يشبه تمامًا كيف تكون إحدى اليرقات كأننا توسطينا جميلًا يعمل في طريقه لأن يصير فراشة لا تكاد تشبهه مطلقًا. يبدأ صنع السفينة بقطعة ورق في شكل مربع بسيط، ثم نأخذ في طيها ببساطة - بدون أن نقصها قط، ولا نلصقها قط، ولا ندخل عليها أى قطع ورق أخرى - تمضى بنا العملية في ثلاثة "أطوار يرقية" متميزة: أولها طور "الطوف"، ثم طور من "صندوق بغطائين"، ثم "صورة داخل إطار"، وبعدها ننتهى إلى الطور "البالغ" للسفينة الصينية نفسها. من مزايا التمثيل بالأوريجامى، أننا عندما نتعلم لأول مرة صنع السفينة الصينية، فإن المفاجأة لا تأتينا فحسب من السفينة نفسها وإنما تأتى مع كل من الأطوار "اليرقية الثلاثة - الطوف، والصندوق، وإطار الصورة. ربما تكون أيدينا هي التى تقوم بطى الورق، ولكننا بكل تأكيد لا نتبع طبعة تصميم زرقاء للسفينة الصينية، أو لأى من الأطوار اليرقية. وإنما نحن نتبع مجموعة من قواعد الطى تبدو وكأنها لا صلة لها بالمنتج النهائى، حتى ينبثق هذا المنتج في النهاية كما تنبثق الفراشة من شرنقتها. هكذا فإن التمثيل بالأوريجامى يستوعب بعض شىء من أهمية "القواعد المحلية" إزاء للخطة الشاملة.

من مزايا التمثيل بالأوريجامى أيضًا، عمليتى الانغماد والقلب ببطأننا لظهر وهما من التحيل الأثيرة التى تستخدمها الأنسجة الجينية عند صنع الجسد. يكون هذا التمثيل جيدًا بوجه خاص فيما يتعلق بالأطوار الحنسية المبكرة. إلا أن له عيوبه أيضًا، وهاكم عيبان واضحا منها. الأول: أننا نحتاج للأيدى البشرية لتقوم بطى الورق. والثانى، أن الجنين الورقى وهو يتطور، لا ينمو لحجم أكبر. فهو ينتهى ووزنه بالضبط كما كان عند البداية. حتى نفر بهذا الفارق سوف أشير أحيانًا إلى الإمبريولوجيا البيولوجية على أنها أوريجامى متضخم بدلًا من أن أقول أوريجامى "فحسب".



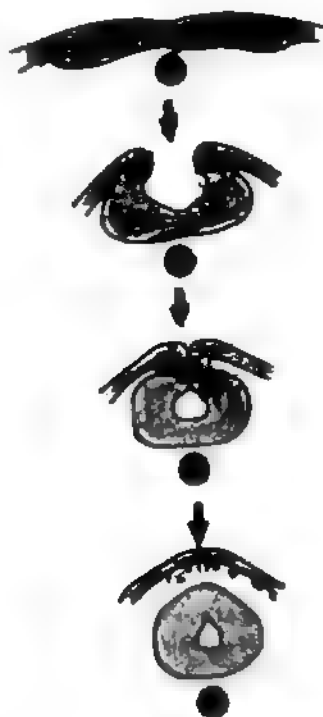
صنع السفينة الصينية بالأوريجامي، وفيه "الأنوار البرقية" الثلاثة:
"الطوف"، و"الصندوق ذو الخطتين"، و"الصورة داخل الإطار".

الواقع أن هذين العيين يحدث على نحو ما أن أحدهما يلغى الآخر. صفحات الأنسجة التي تنطوى، وتتعمد وتقلب بطناً لظهر في الجنين المتنامي، هذه الصفحات من الأنسجة تنمو بالفعل، وهذا النمو نفسه هو الذي يوفر جزءاً من القوة الدافعة، وهي القوة التي توفرها الأيدي البشرية في الأوريغامي. إذا أردنا أن نصنع أحد نماذج الأوريغامي بصفحة من نسيج حتى بدلاً من الورق الميت، ستكون لدينا على الأقل بعض فرصة في أنه لو نامت صفحة النسيج بالطريقة المناسبة تماماً، ليس في اتساق، وإنما تتنامي بسرعة في بعض أجزاء الصفحة أكبر مما في الأجزاء الأخرى، فإن هذا قد ينتج عنه أوتوماتيكياً أن تتخذ الصفحة شكلاً معيناً - أو أنها حتى سوف تنطوى أو تتعمد، أو تتقلب بطناً لظهر بطريقة معينة - بدون حاجة لأيدي تقوم بالمط والطي، وبدون حاجة لأي خطة شاملة، وإنما يحتاج الأمر فقط لواعد موضوعية. والواقع أن الفرصة هنا أكثر من أن تكون مجرد فرصة صغيرة؛ وذلك لأنها تحدث في الواقع. هيّا نسميها بأنها "أوريغامي ذاتية، auto-origami". كيف يعمل الأوريغامي الذاتي عند التطبيق في الأمريلوجيا؟ إنه يعمل بنجاح لأن ما يحدث في الجبين الحفيفي عندما تنمو صفحة من النسيج هو أن خلاياها تنقسم. يتم إنجاز النمو المتميز للأجزاء المختلفة من صفحة الأنسجة بواسطة الخلايا التي تنقسم في كل جزء من الصفحة بمعدل سرعة يتقرر حسب الفواعد الموضوعية. وهكذا فإننا بطريق غير مباشر نعود إلى الأهمية الأساسية للفواعد الموضوعية للعمل بمبدأ الاتجاه من أسفل لأعلى عندما توضع إزاء الفواعد الشاملة للاتجاه من أعلى لأسفل. ما يحدث بالفعل متواصلاً في المراحل المنكرة من تنامي الجنين هو سلسلة بأكملها من نسج من هذا المبدأ البسيط (وإن كانت هذه النسخ أكثر تعقيداً على حد بعيد).

إليك كيف يجرى الأوريجامي في المراحل المبكرة من تنامي الفقاريات. تنقسم خلية البويضة المخصبة الواحدة لتصنع خليتين. ثم تنقسم الخليتان لتصنعا أربع خلايا. وهكذا دواليك، مع تضاعف وتكرار تضاعف الخلايا بمعدل سريع. لا يوجد في هذه المرحلة نمو، ولا تضخم. ما يحدث هو أن الحجم الأصلي للبويضة المخصبة ينقسم بالمعنى الحرفي للكلمة، بمثل قطع الكعكة في شرائح، ونصل في النهاية إلى كرة مكورة من الخلايا حجمها هو نفس الحجم الأصلي للبويضة. والكرة ليست مصمتة وإنما هي كرة مجوفة تسمى البلاستولا (الأريمة). للطور التالي هو تكوين حوصلة مفتوحة أو التحوصل الفوهي، وهذا موضع ملاحظة بارعة مشهورة قالها لويس ولبرت. ليس المهم هو الميلاد، أو الزواج، أو الموت، وإنما هو التحوصل الفوهي الذي يعد حقا أهم وقت في حياتنا.

التحوصل الفوهي نوع من زلزال في كون مصغر، يمر مكتسحا عبر سطح البلاستولا ويحدث تغييرا ثوريا في شكلها كله. تجرى عملية إعادة تنظيم ضخمة في أنسجة الجنين. يؤدي التحوصل الفوهي نمطيا إلى إحداث انبعاج في كرة البلاستولا الجوفاء، بحيث تصبح من طنقتين مع وجود فتحة على العالم للخارجي (انظر محاكاة الكمبيوتر في ص ٣٤). الطبقة الخارجية لهذه "الحوصلة الفوهية" تسمى الأديم الخارجي، والطبقة الداخلية تسمى الأديم الداخلي، وهناك أيضا بعض الخلايا التي يقذف بها في الفراغ بين الأديم الخارجي والداخلي، وتسمى الأديم الأوسط. مصير كل من هذه الطبقات الأولية هو أنها ستصنع أجزاء رئيسية من الجسم. مثال ذلك أن الحلد الخارجي والجهاز العصبي يأتيان من الأديم الخارجي؛ والأحشاء وغيرها من الأعضاء الداخلية تأتي من الأديم الداخلي؛ ويزودها الأديم الأوسط بالعضلات والعظام.

الطور التالى فى أوريجامى الجنين يسمى تكوين أنبوبة الأعصاب. الشكل التوضيحي التالى يبين قطاع عرضى خلال منتصف ظهر جنين برمائى فى مرحلة تكوين أنبوبة الأعصاب (يمكن أن يكون هذا جنين ضفدعة أو سلمندر). الدائرة السوداء هى الحبل الظهرى وهو قضيب متصلب يشكل العنصر التمهيدى للعمود الفقرى.



تكوين أنبوبة الأعصاب

الحبل الظهرى ملمح تشخيصى لشعبة الحبليات التى ننتمنى إليها نحن وكل الفقاريات (وإن كنا مثل كل الفقاريات الحديثة لا نحوزه إلا ونحن أجنة). فى تكوين أنبوبة الأعصاب نجد متما يحدث فى التحوصل

الفوهى، أن هناك أدلة كثيرة على الانغماد. لعل القارئ يتذكر أنى قلت أن الجهاز العصبى يأتي من الأديم الخارجى. حسن، إليكم الآن كيف يكون ذلك. ينمذ جزء من الأديم الخارجى (يحدث ذلك مع تقدم تدريجى إلى وراء بطول الجسم مثلما يحدث مع زمام غلق "سوسنته" الملابس)، ويلف الانغماد نفسه في أنبوبة، ويلتصق منفصلاً حيث تتضم جوانب الأنبوبة حتى ينتهى بها الأمر إلى أن تجرى بطول الجسم بين الطبقة الخارجية والحبلى الظهرى. مصير هذه الأنبوبة هو أن تغدو الحبلى الشوكى، الجذع العصبى الرئيسى للجسم. يتضخم الطرف الأمامى للأنبوبة ليصبح المخ، تستقى باقى الأعصاب من هذه الأنبوبة الأولية بالانقسامات اللاحقة للخلايا^(١).

لست أريد أن أدخل في تفاصيل التحوصل الفوهى أو تكوين أنبوبة الأعصاب، فيما عدا أن أقول أنهما رائعان، وأن الاستعارة المجازية بمقارنتهما بفن الأوريجامى تستمر كاستعارة جيدة إلى حد كبير بالنسبة لهما معاً. ما يهمنى هو المبادئ العامة التى تغدو الأجنة بواسطة أكثر تعقداً من خلال الأوريجامى المتضخم. الشكل التالى يوضح الأشياء التى نلاحظ أن صفحات الخلايا تفعلها أثناء ميلاق تنامي الجنين، كما مثلاً أثناء التحوصل الفوهى. يمكننا أن نرى بسهولة كيف أن هذا الانغماد يمكن أن

(١) يوسفنى انى عاجز عن أن أفسر لماذا يوجد حرف "h" في الكلمة الإنجليزية "notochord" الحبلى الظهرى" في حين أن كلمة "spinal cord"، الحبلى الشوكى " ليس فيها "h". طيل هذا دائماً عامصاً لى، بل إننى حتى تساءلت عن الاحتمال بأن ذلك يمثل بعض خطأ نُسب طويلاً ولكنه بقى متحجراً. لا يمكن إنكار أن قاموس أوكسفورد للإنجليزية " يعتبر أن كلمة chord تهجئة بدله لنوع cord الأشبه بالوتر الموسيقى، إلا أن هذا الاختلاف يبدو بالفعل غريباً باعتبار أن الحبلى cord الشوكى، والحبلى chord الظهري يجريان بطول جسد الحنسي، واحدهما فوق الآخر.

يكون حركة مفيدة في الأوريجامي المتضخم، وأنه في الحقيقة يلعب بالفعل دوراً رئيسياً في كل من التحوصل الفوهي وتكوين أنبوبة الأعصاب.



انضمام في صفحة من الخلايا

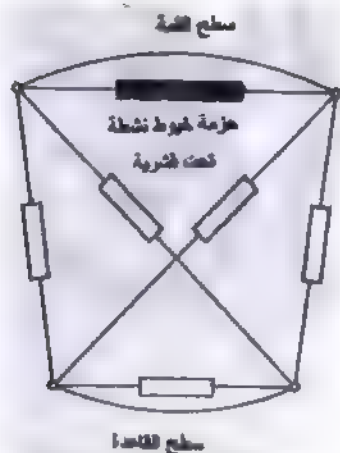
التحوصل الفوهي وتكوين أنبوبة الأعصاب يتم إنجازهما مبكراً أثناء التنامي وهما يؤثران في كل شكل الجنين. يصل الانضمام وغيره من حيل "الأوريجامي المتضخم" إلى إنجاز هذه الأطوار من الإمبريولوجيا مبكراً، وهما والحيل الأخرى المشابهة تشارك كلها لاحقاً في التنامي، عند صنع الأعضاء المتخصصة مثل العين والقلب. ولكن باعتبار أنه لا توجد هنا أيدي لتقوم بعملية الطي، ما هي إذن العملية الميكانيكية التي تتجز هذه الحركات الدينامية؟ يتم هذا جزئياً، حسب ما قلناه من قبل، عن طريق مجرد التمدد نفسه. تتكاثر الخلايا خلال صفحة من النسيج بأسرها. وبالتالي، فإن مساحتها تتزايد، وليس لديها أي حيز آخر تذهب إليه، وبهذا فإنه ليس لديها من خيار إلا أن تنهجم أو أن تنفمد. على أن العملية فيها عوامل تحكم أكثر من ذلك وقد قام بفك شفرتها مجموعة من العلماء المصاحبين للعالم المبرز في الرياضة والبيولوجيا جورج لوستر بجامعة كاليفورنيا في بيركلي.

نمذجة الخلايا مثل طيور الزرزور

اتبع أوستر ورملاؤه الإستراتيجية نفسها التي نظرنا في أمرها فيما سبق في هذا الفصل من أجل محاكاة للكمبيوتر. لأسراب الزرزور المحلقة. بدلاً من برمجة سلوك البلاستولا كلها، برمج هؤلاء العلماء خلية واحدة. ثم "استنسخوا" بعدها خلايا كثيرة، كلها متماثلة، وتركبوا ليروا ماذا سيحدث عندما تتضمن هذه الخلايا معا في الكمبيوتر. عندما أقول أنهم برمجوا سلوك خلية واحدة، فقد يكون من الأفضل أن أقول أنهم برمجوا نموذجاً رياضياً لخلية واحدة، وبنوا في النموذج بعض حقائق معروفة عن الخلية الواحدة، ولكن ذلك تم في شكل مبسط. من المعروف على وجه التحديد أنه توجد في داخل الخلية تقاطعات من خيوط بالغة الصغر: نوع من أربطة مطاطة مصعرة، ولكنها فيها خاصية إضافية في أنها لها القدرة على الانقباض بنشاط، مثل ألياف العضلات المتقلصة. والحقيقة أن هذه الخيوط الدقيقة تستخدم في انقباضها المبدأ نفسه مثل ألياف العضلات^(١). نموذج أوستر يمسك الخلية في بعدين لرسمها على شاشة الكمبيوتر، ويضع في الخلية ستة خيوط دقيقة لا غير في أماكن إستراتيجية من الخلية، كما نرى في الرسم التوضيحي التالي. ونجد في نموذج الكمبيوتر أن كل الخيوط الدقيقة قد أعطيت خصائص كمية معينة بأسماء لها

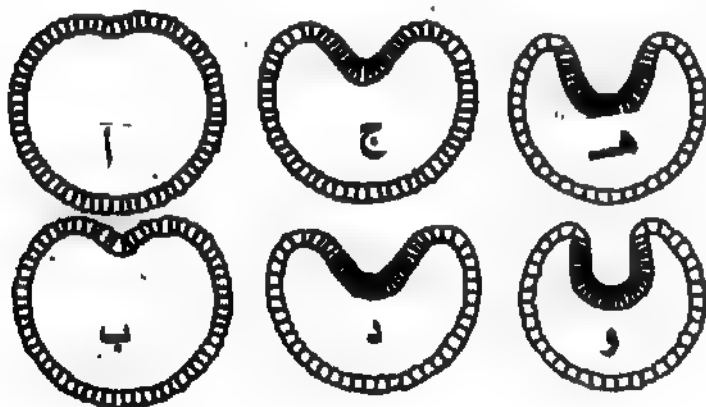
(١) فيما يعرض، فإن هذا في حد ذاته يُعد قصة رائعة، وقد استحوذت على خيالي دائماً منذ أتتني إلى مدرستي جوزيف نيدام عالم الفيزيولوجيا العظيم في كمبردج (وهو عالم ذو ثقافة موسوعية وأصبح حتى مشهوراً بصفة أكبر كخبير مبرز في تاريخ العلوم للصينية) وقد أتتني لمدرستي ليشت هذه القصة عملياً، بناء على دعوة من ابن أخيه الذي تصادف أن كان مدرسا في ذلك الوقت: وهذه هبة من محابة الأقرباء أحدهم للآخر، لا زلت ممثلاً لها. بإشراف من د نيدام، أحداً ننعم النظر إلى ألياف عضلية تحت ميكروسكوباتنا وراقبناها وهي تصبح أقصر طولاً، وكأنها بفعل السحر، وذلك عندما وضعنا عليها قطرة من أدينوزين الفوسفات الثلاثي، وهو العملة العامة للطاقة في الجسم.

معناها عند الفيزيائيين، مثل: "معامل اللزوجة المثلث" و"ثابت الزنبرك المرن". لا يهم ما يعنيه هذا بالضبط: هذه أنواع من الأمور التي يحب الفيزيائيون قياسها في اللزبركات. على الرغم من أن من الممكن في الخلية الحقيقية أن يكون للكثير من الخيوط الدقيقة القدرة على الانقباض، إلا أن ألوستر وزملاءه قد بسطوا الأمر بأن أضافوا هذه القدرة على خيط واحد فقط من خيوطهم الستة الدقيقة. إذا أمكنهم الحصول على نتائج واقعية حتى بعد استبعاد بعض الخواص المعروفة للخلية، فسيكون من الممكن فيما يفترض أن يحصلوا على الأقل على نتائج جيدة بمثل ذلك عند استخدام نموذج أكثر تعقيداً يبقى داخله هذه الخواص. بدلاً من أن يسمخوا للخيط الدقيق الوحيد في نموذجهم القادر على الانقباض بأن ينقبض حسب الرغبة، فإنهم بنوا فيه خاصية تشبع في أنواع معينة من الألياف العضلية، وهذه الخاصة هي أنه عند مط الليفة بعد طول معين حرج، فإنها تستجيب بأن تنقبض لطول أقصر كثيراً من الطول عند توازنها الطبيعي.



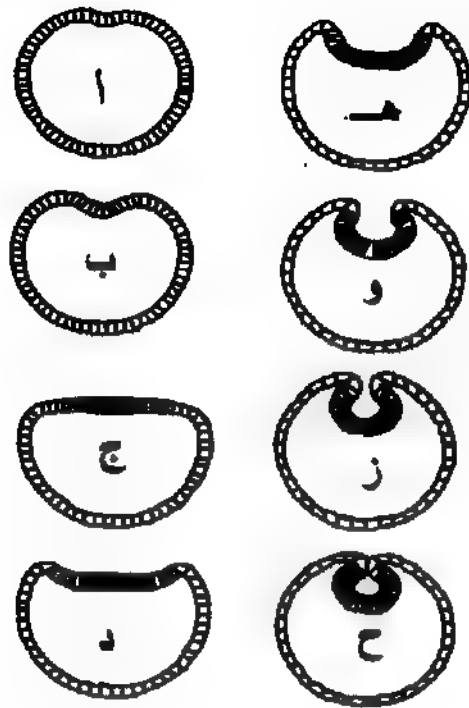
الخيوط الدقيقة داخل نموذج خلية ألوستر

هكذا أصبح لدينا نموذجنا للخلية الوحيدة. نموذج مبسط للغاية خطوطه الخارجية في بعض وقد ثبت فيه ستة زنبركات مرنة، أحدها لديه ميزة خاصة بالاستجابة للمط الذي يفرض عليه من الخارج بأن ينقبض بنشاط. هذا هو الطور الأول من عملية النمذجة. في الطور الثاني استنسخ أوستر وزملاؤه عشرات قليلة من خلاياهم النموذجية ورتبوها في دائرة، مثل بلاستولا (من بعضين). ثم أخذوا إحدى الخلايا وقرصوا خيطها الدقيق القادر على الانقباض حتى يستثيروه للانقباض. ما حدث بعدها يصل في روعته إلى حد لا يكاد يُحتمل. نموذج البلاستولا حدث له تحوصل فوهي! هناك ست لقطات للشاشة تظهر ما حدث (من أ إلى و بأسفل). انتشرت جانباً موجة من الانقباض من الخلية التي استثيرت، وانغمدت كرة الخلايا تلقائياً.



نموذج أوستر للتحوصل الفوهي للبلاستولا

بل إنها تصبح أحسن حالاً. حاول لوستر وزملاؤه إجراء التجربة على نموذج الكمبيوتر وهم يخفضون من مستوى "عبء إثارة" الحيوط الدقيقة المنقبضة. وكانت نتيجة ذلك موجة انغماد تطلعت إلى ما هو أبعد وأدت بالفعل إلى تكوين وفصل "أنبوبة أعصاب" (أنظر لقطات الشاشة في الشكل التالي من (أ) حتى (ح)). من المهم أن نفهم ما يكونه في الحقيقة نموذج من هذا النوع. فهو ليس تمثيلاً مضبوطاً لتكوين أنبوبة الأعصاب. بصرف النظر تماماً عن حقيقة أنه نموذج من بعدين وبسيط في جوانب أخرى كثيرة، فإن هذه الكرة من الخلايا التي شكلت "أنبوبة أعصاب" (لقطة الشاشة (أ)) لم تكن "حوصلة فوهية" ذات طبقتين كما كان ينبغي أن تكون. وإنما هي مماثلة لنفس نقطة البداية للبلاستولا التي رأيناها في نموذج التحوصل السابق أعلاه. ليس هذا مهماً: النماذج لا يفترض فيها أن تكون مضبوطة بالكامل في كل تفصيل. ما زال النموذج يوضح لنا مدى سهولة محاكاة الجوانب المختلفة من سلوك الخلايا في الجنين المبكر. حقيقة أن "كرة" الخلايا ذات البعدين قد استجابت تلقائياً لعامل الإثارة حتى مع أن النموذج أبسط من الموقف الواقعي، هذه الحقيقة تجعل من هذه التجربة دليلاً أكثر قوة. فهي تعيد طمأننتنا إلى أن تطور العمليات المختلفة في التنامي المبكر للجنين لا يلزم أن يكون أمراً بالغ الصعوبة. دعنا نلاحظ أن ما هو سهل هنا هو النموذج وليس الظاهرة التي يثبتها عملياً. هكذا يكون الطابع المميز للنموذج العلمي الجيد.



تكوين "قناة الأعصاب" في نموذج لوستر

هدفنا من عرض نماذج لوستر هو أن نوضح "النوع" العام للمبدأ الذي يمكن أن تتفاعل به الخلايا المفردة إحداها مع الأخرى لبناء الجسم، بدون أي طبعة تصميم زرقاء تمثل الجسم كله. وجود طي بما يماثل "الأوريجامي"، وكذلك أسلوب لوستر في الانغماد والفصل بالقرص: هذه كلها مجرد بعض من أبسط الحيل لبناء الأجنة. هناك حيل أخرى أكثر تعقيداً تلعب دورها لاحقاً في التنامي الجنيني. وكمثل لذلك، قد بينت تجارب مبدعة أن الخلايا العصبية عندما تنمو خارجة من الحبل

الشوكي، أو من المخ، فإنها تجد طريقها إلى العضو الانتهاء ليس بأن تتع أي خطة عامة، وإنما بواسطة الجذب الكيماوي، بما هو أشبه بكلب يتشم فيما حوله ليجد كلبة في الدور التزوي. أجرى روجر سبري عالم الإمبريولوجيا الحائز على جائزة نوبل تجربة كلاسيكية في وقت مبكر توضح هذا المبدأ توضيحاً مقبلاً. أخذ سبري هو وأحد زملاءه فرخ ضفدع وأزالوا مربع جلد صغير من ظهره. وأرلوا مربعاً آخر بالحجم نفسه من جلد بطنه. ثم أعادوا زرع المربعين، ولكن بحيث يكون كل منهما في مكان الآخر. فزرع جلد البطن على الظهر، وجلد الظهر على البطن. عندما نما فرخ الضفدع إلى ضفدع بالغ، كانت للنتيجة طريقة نوعاً، كما يحدث كثيراً في تجارب الإمبريولوجيا. كان هناك طابع بريد أنيق من جلد البطن الأبيض وسط جلد الظهر القاتم المبرقش، وطابع بريد أنيق آخر من جلد قاتم مبرقش وسط جلد البطن الأبيض. الآن، إلى النقطة المهمة في القصة. في الأحوال الطبيعية، عندما ندغغ ضفدعة بشعرة خشنة على ظهرها فإنها تمسح المكان بقدمها، وكأنها تبعد ذبابة مزعجة. ولكن عندما دغغ سبري ضفدعة تجربته على الرقعة البيضاء فوق ظهرها، فإنها مسحت بطنها! وعندما دغغها على الرقعة القاتمة فوق بطنها فإن الضفدعة مسحت ظهرها.

حسب تفسير سبري، فإن ما يحدث في التنامي الجنيني الطبيعي، هو أن المحاورات (أسلاك طويلة كل واحد منها امتداد أنبوبي ضيق لخلية عصبية واحدة) تنمو حارحة من الحبل الشوكي وهي تلتصم ضالتهما، وكأنها تتشم كالكلب ملتصمة جلد النط. هناك محاورات أخرى تنمو خارجة من الحبل الشوكي وهي تتشم ملتصمة جلد الظهر. ويؤدي هذا في الأحوال الطبيعية إلى أن تعطى النتائج الصحيحة: الدغذغات على الظهر يحس بها على أنها على الظهر، في حين أن الدغذغات على البطن يحس بها على أنها على البطن. أما في ضفدعة تحربة سبري، فإن بعض الخلايا العصبية التي تتشم ملتصمة جلد البطن وجدت طابع بريد

جلد البطن وقد زرع على الظهر، والسبب فيما يفترض أنه له الرائحة المناسبة. والعكس بالعكس. يؤمن أناس ببعض نظرية عن "الصفحة البيضاء" - حيث بولد كلنا نعمل من صفحة بيضاء، لا نلث أن نملأ بالخبرة - وهؤلاء لا بد وأن نتجربة تجربة سبرى قد أذهلتهم. فالمفروض لديهم أنهم يتوقعون أن الضفادع سوف تتعلم بالحرارة أن تتحسس طريقها حول جلدنا وتربط الأحاسيس المناسبة مع الأماكن المناسبة على الجلد. يبدو بدلاً من ذلك أن كل خلية عصبية في الحبل الشوكي عليها بطاقة تعونها مثلاً كخلية عصبية للبطن أو خلية عصبية للظهر، وذلك حتى قبل أن تجرى أى اتصال بالجلد المناسب. وهي ستجد لاحقاً نقطة الهدف المخصصة من الجلد، أينما تكون. إذا حدث أن ذبابة زحفت بطول ظهر ضفدعة سبرى، فإن الضفدعة سوف تخبر فيما يفترض شعورها وهما خادعا بأن الذبابة قد وثبت فجأة من ظهرها لبطنها، وإذا زحفت الذبابة لأبعد قليلاً فإنها تثب تلقائياً إلى الظهر ثانية.

أدت التحارب من هذا النوع إلى أن يصوغ سبرى فرضه عن "الانجذاب - الكيميائي"، وحسب هذا الفرض فإن الجهاز العصبي يمد شبكة أسلاكه، ليس بأن يتبع طبيعة تصميم زرقاء عامة، وإنما بواسطة أن كل محور مفرد يلتصق بالأعضاء المنتهائية التي تكون له علاقة انجذاب كيميائي خاص معها. مرة أخرى لدينا هنا وحدات موضعية صغيرة تتبع قواعد موضعية. للخلايا عموماً تعج "بلافتات معنونة"، شارات كيميائية تمكنها من العثور على "زملائها". نستطيع أن نعود ثانية إلى مثال القياس بالأوريجامي لنجد موضعاً آخر حيث يكون مبدأ وضع اللافتات مفيداً. فن الأوريجامي البشرى باستخدام الورق لا يستعمل صمغاً لاصقاً، وإن كان يمكنه استخدامه. فن الأوريجامي الجنيني حيث الأجسام الحيوانية تضم نفسها معاً، يستخدم في الحقيقة شيئاً يترادف الصمغ. أو الأولى أنه يستخدم

أصناف صمغ؛ لأن هناك الكثير منها، وها هنا حيث يأتي وضع اللافتات منتصرا بداته. لدى الخلايا ذخيرة معقدة من "جزيئات اللصق" توجد فوق سطحها حيث تلتصق بالخلايا الأخرى. يلعب هذا اللصق الخلوي دورا مهما في تنامي الجنين في كل أجزاء الجسم. على أن هناك فارقا مهما عن أنواع الصمغ المألوفة لنا. الصمغ بالنسبة لنا هو اللصمغ. بعصر أنواع الصمغ أقوى من الأنواع الأخرى، وبعضها أسرع من الأخرى، وبعضها مثلا، تكون أنسب للخشب، في حين أن بعضها الآخر يصلح بأفضل للمعادن أو البلاستيك. على أن هذا فيه الكفاية عن تنوع مواد الصمغ.

حريئات لصق الخلايا أبرع من ذلك بكثير جدًا. يمكننا القول بأنها أكثر اهتماما بالتفاصيل. أنواع الصمغ الجزيئي، هي بخلاف الصمغ الصناعي الذي يلتصق بمعظم الأسطح، لا تلتصق إلا بأنواع معينة من جزيئات لصق الخلايا الأخرى التي تكون من النوع المناسب بالضبط. بعض فئات جزيئات اللصق في الفقاريات تسمى "cadherins، الكادهرين" (*) تأتي فيما يقرب من ثمانين نكهة معروفة حاليًا. كل واحد من هذه النكهات الثماني، فيما عدا بعض الاستثناءات، لا يلتصق. إلا بنوعه هو نفسه. دعنا لدقيقة ننسى للصمغ: ربما هناك مثال قياس أفضل هو لعبة حفل الأطفال حيث يخصص لكل طفل اسم حيوان، ويكون عليهم كلهم أن يدوروا فيما حولهم بالغرفة وهم يصخبون بأصوات تشبه صوت الحيوانات المحصنة لكل منهم. يعرف كل طفل أن هناك فقط طفلًا واحدًا آخر قد خصص له اسم حيوان مثله، وعليه أن يعثر على شريكه بأن يتسمع من خلال الأصوات المتناثرة التي تقلد حيوانات حظيرة المزرعة. مواد "الكادهرين" تعمل بمثل ذلك. لعل القارئ يستطيع مثلي أن يتخيل على نحو غامض كيف أن طلاء سطح الخلايا طلاء مميزًا بمواد "كادهرين" معينة

(*) كلمة cadherins مخصصة العبارة الإنجليزية Calcium dependant adhesions. (المترجم)

عند نفاط إستراتيجية ربما يؤدى معا إلى أن يصفق ويعقد من مبادئ التجميع الذاتى لفن الأوريجامى الجينى. دعنا نلاحظ مرة أخرى أن هذا لا يتضمن أى نوع من خطة عامة، وإنما الأولى أن فيه تجميعاً تدريجياً بقواعد موضوعية.

الإلزامات

الآن وقد رأينا كيف أن صفحات بأكملها من الخلايا تلعب لعبة الأوريجامى فى تشكيل الجين، دعنا نفحص داخل خلية مفردة، حيث سنجد المبدأ نفسه من الطى الذاتى والتغضن الذاتى، ولكن ذلك بمقياس أصغر كثيراً، مقياس الجزئى المفرد للبروتين. البروتينات لها أهمية هائلة، لأسباب لا بد لى من لقضى وقتاً فى شرحها، مع البدء بالتأمل بالحاج لتجميع الأهمية الفريدة للبروتينات. كم أحب التأمل فى فكرة أننا ينبغي أن نتوقع أن تكون الحياة فى أى مكان آخر من الكون غريبة عا ومختلفة تماماً، إلا أن هناك أمراً واحداً لو أمرين اثنين أظن أنهما سيوجدان بصفة عامة أينما توجد الحياة. سيثبت فى النهاية أن الحياة كلها قد تطورت عن طريق عملية لها علاقة بالانتخاب الطبيعى الداروينى للجينات، وأن هذه الحياة ستعتمد بشدة على البروتينات - أو على جزيئات هي مثل البروتينات، قادرة على أن تطوى نفسها لأشكال ذات تنوع هائل. جزيئات البروتين هي بمثابة متدوقى الفن بالنسبة لفنون الأوريجامى الدائىة، وذلك بمقياس أصغر كثيراً من مقياس صفحات الخلايا الذى تعاملنا معه حتى الآن. جزيئات البروتين تعد حالات استعراض مبهرة يمكن التوصل لها عند الإدعان لقواعد موضوعية بالمقياس الموضوعى.

تتكون البروتينات من سلاسل من جزيئات أصغر تسمى الأحماض الأمينية، وهذه السلاسل، هي مثل صفحات الخلايا التى نظرنا أمرها،

تطوى نفسها أيضاً، بطرائق محددة بشدة ولكنها بمقياس أصغر كثيراً. سجد في البروتينات التي تحدث طبيعياً أن هناك إحدى الحقائق (وهي حقيقة يفترض أنها ستكون على نحو مختلف في العوالم الأجنبية عنا) وهي أن فيها فقط عشرين نوعاً من الأحماض الأمينية، فكل البروتينات إنما هي سلاسل حيطة معاً من هذه الذخيرة فحسب من العشرين حامضاً، وهي مستقاة من مجموعة من الأحماض الأمينية الممكنة عددها أكبر كثيراً. نعود الآن إلى الأوريجامي الذاتي. جزيئات البروتين، إذ تتع بساطة قوانين الكيمياء والديناميكا الحرارية، فإنها تلوى نفسها تلقائياً وأوتوماتيكياً في أشكال ثلاثية الأبعاد قد ضبطت بدقة - أكاد أقول أنها "عقد"، ولكن البروتينات بخلاف سمك الجريث^(*) (إذا كان لي أن أفصح عن حقيقة بلا مبرر وبلا أهمية للموضوع ولكنها فيها بعض نوع من المشاركة)، والبروتينات لا تربط نفسها في عقد بالمعنى الحرفي للكلمة. السية الثلاثية الأبعاد التي يحدث لسلسلة البروتين أن تطوى وتلوى نفسها فيها هي "البنية الثلاثية"، التي لاقيناها لزم وجيز عندما نظرنا أمر التجميع الذاتي للفيروسات. أي تتابع بعينه من الأحماض الأمينية بفرض نمط طي بعينه. تتابع الأحماض الأمينية، الذي يتحدد هو نفسه حسب تتابع الحروف في الشفرة الجينية، هو الذي يحدد شكل "البنية الثلاثية"^(١). شكل البنية الثلاثية تترب عليه بدوره نتائج كيميائية هائلة الأهمية.

(*) سمك الجريث سمك بحري بدائي صغير يتعلق بأسمك أخرى بواسطة فمه الماص ثم بحفر بأسنانه في جسدها ويأكلها. (المترجم)

(١) يلزم مع هذه الإفادة تحفظ مهم. تحديد تتابع الأحماض الأمينية بواسطة الجينات هو حقاً أمر مطلق. ولكن تحديد الشكل الثلاثي الأبعاد بتتابع الأحماض الأمينية ذي البعد الواحد ليس بأمير مطلق، وهذا مهم حقاً. هناك بعض تتابعات للأحماض الأمينية لها القدرة على أن تؤدي=

الأوريجامي الذاتي الذي يتم بواسطة أن تتطوى سلاسل البروتين وتلوى نفسها، تتحكم فيه قوانين الانجذاب للكيميائي، وكذلك القوانين التي تحدد الزوايا التي ترتبط بها الذرات إحداها بالأخرى. هيا نتخيل قلادة من مغناطيسات ذات أشكال غريبة. لن تتدلى هذه القلادة في اتجاه رشيق

= لانعاف شكلين بدليين بأبعاد ثلاثية. مثال ذلك أن البروتينات التي تسمى بالبريونات لديها شكلان مستقران. هذه بدائل متميزة ليس لها تواسطيات مستقرة، بالطريقة نفسها التي يكون بها زر تشغيل الإضاءة مستقرًا في الوضع لأعلى والوضع لأسفل وليس له مكان استقرار فيما بينهما. هذه البروتينات التي تماثل أزرار التشغيل يمكن أن تكون كارثية أو أنها قد تكون مفيدة فهي كارثية في حالة البريونات. نجد في "مرض جنون البقر" أن بروتينا مفيدا في المح (هو عنصر مكون طبيعي لأغشية الخلايا) يتفق أن له شكل بديل - طريقة بديلة لأن بطوى نفسه بالأوريجامي الذاتي. الشكل البديل لا يرى قط طبيعيا، ولكن إذا حدث له باى حال أن نشأ في جزء واحد، فإنه يقدر زناد الجزيئات المجاورة لأن تعمل على منواله. فهي تنسخه وتقلب إلى الشكل البديل. الشكل البديل من البريون ينتشر خلال المخ مثل موجة من قطع الدومينو وهي تتهاوى، أو مثل انتشار شائعة على نحو غير مسئول، وينتج عن ذلك نتائج كارثية بالنسبة للبقرة - أو بالنسبة للأشخاص في حالة مرض كروتزفيلد - جاكوب، أو بالنسبة للعلم في حالة "الحكاك". ولكن يحدث أحيانا أن للجزيئات ذات القدرة على أن تطبق على نفسها فن الأوريجامي الذاتي وتنتهى إلى أكثر من شكل بديل واحد، قد تكون جزيئات مفيدة. بدون أن نترك الاستعارة المجازية عن زر تشغيل الضوء سنجد مثلاً جميلاً في "الروبوبسيس"، وهو البروتين الموجود في أعيننا والمسئول عن حساسيتنا للضوء، وله عنصر مكون مفروس يسمى بأنه الشكى (وهذا ليس بروتينا هو نفسه) ينتقل من شكله الرئيسي المستقر إلى تشكيل بديل عندما يصطدم به احد فوتونات الضوء. ثم يعود بعدها سريعا لشكله الأول، مثل زر تشغيل للضوء على ساعة توقيت لخفض التكاليف. على أن هذا الانتقال يكون قد تم تسحيه في المح: "فيتم الكشف هنا عن الضوء في هذا الموضع البالغ الصغر". هناك كتاب رائع لحاك موبو عنوانه "الصدقة والضرورة" وهو بوجه خاص جيد فيما يتعلق بهذه الجزيئات ذات أزرار التشغيل المزدوجة الاستقرار.

حول عنق رشيقي. سوف تتخذ بعض شكل آخر، وتصبح في حالة تشابك حيث المغناطيسات يمسك أحدها بالآخر ويتداخل الواحد منها في زوايا وشقوق الآخر عند نقاط مختلفة بطول السلسلة. شكل هذا التشابك لا يمكن التنبؤ به بالضبط، بخلاف حالة سلسلة البروتين؛ وذلك لأن أي مغناطيس سيحذب أي واحد آخر. ولكن هذا يطرح بالفعل كيف أن سلاسل الأحماض الأمينية تستطيع أن تشكل تلقائياً بنية معقدة شبيهة بالعقدة، وقد لا تبدو شبيهة بسلسلة أو قلادة.

لم نفهم بعد فهما كاملاً تفاصيل الطريقة التي تحدد بها قوانين الكيمياء البنية الثلاثية لأحد البروتينات: لم يستطع الكيميائيون بعد أن يستنتجوا في كل الحالات الطريقة التي يلتف بها تتابع معين من الأحماض الأمينية. ومع ذلك فإن هناك أدلة قوية على أن البنية الثلاثية هي "من حيث المبدأ" يمكن استنباطها من تتابع الأحماض الأمينية. ليس هناك أي شيء غامض بشأن عبارة "من حيث المبدأ". ما من أحد يستطيع أن يتنبأ بالطريقة التي يفع بها حجر النرد عند إلقائه، ولكننا جميعاً نؤمن بأن هذا يتحدد بالكامل بالتفاصيل الدقيقة لطريقة إلقائه، مع بعض الحقائق الإضافية بشأن مقاومة الريح وما إلى ذلك. من الحقائق التي ثبتت عملياً أن كل تتابع معين من الأحماض الأمينية يلتف دائماً في شكل معين، أو في أحد أشكال مجموعة متميزة من الأشكال البديلة (انظر الهامش الطويل السابق). ثم نحد - وهذه هي النقطة الهامة في التطور - أن تتابع الأحماض الأمينية هو نفسه محتم بالكامل، عن طريق تنفيذ قواعد الشفرة الوراثية، بواسطة تتابع "الحروف" (في ثلاثيات) في الجين. ليس من السهل على الكيميائيين من البشر أن يتنبأوا بنوع التغير الذي سيحدث في شكل البروتين نتيجة طفرة حبيبة معينة، ومع ذلك سيبقى من الحقائق أنه ما إن تحدث طفرة،

فإن التغير الناتج في شكل البروتين سيكون من حيث المبدأ مما "يمكر" التنبؤ به. الحين الطافر نفسه سوف ينتج على نحو موثوق به نفس الشكل المتغير للبروتين (أو أحد الأشكال من قائمة مميزة لأشكال تبادلية). وهذا هو كل ما يهم بالنسبة للانتخاب الطبيعي. الانتخاب الطبيعي ليس في حاجة لأن يفهم السبب في أن تغيراً جينياً تترتب عليه نتيجة معينة. يكفي أن هذا يحدث. إذا كانت هذه النتيجة تؤثر في البقاء، فإن الجين المتغير نفسه سوف يصمد أو يفشل في المنافسة للسيطرة على المستودع الجيني، سواء فهمنا أو لم نفهم الطريق المضبوط الذي يؤثر به الجين في البروتين.

باعتبار أن شكل البروتين متعدد إلى حد هائل، وباعتبار أنه يتحدد بالجينات، ما السبب في أهميته هكذا أهمية فاتكة؟ السبب في جزء منه هو أن بعض البروتينات تؤدي دوراً بنيوياً مباشراً في الجسم. البروتينات اللصيقة مثل الكولاجين، تتربط معاً في حبال متينة نسميها الأربطة (ligaments) والأوتار (tendons). إلا أن معظم البروتينات ليست ليفية. وبدلاً من ذلك فإنها تطوى نفسها في شكلها الكروي الخاص المميز، وقد اكتملت تابيعاجات رهيبة، وهذا الشكل يحدد دور البروتين المميز "كإنزيم"، أي كعامل حفز (catalyst).

عامل الحفز مادة كيميائية تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي بين مواد أخرى بما يصل إلى بليون مرة أو حتى ترليون مرة، بينما الحافز نفسه يخرج من العملية سالماً وله الحرية في أن يقوم ثانية بعملية حفز. الإنزيمات حوافر بروتينية، وهي أبطال متميزة بين كل الحوافر وذلك بسبب "تخصصها" في تأثيرها: فهي تتفق كل التدقيق في أن تتخير بدقة ما يكونه التفاعل الكيميائي الذي ستعمل على أن تزيد من سرعته. أو لعلنا

نستطيع أن نقول أن التفاعلات الكيميائية في الخلايا الحية تدفق كل التدفق في أن تتخير أى من هذه الإنزيمات ستعجل من هذه التفاعلات. هناك تفاعلات كثيرة في كيمياء الخلية بطيئة غاية البطء حتى إنها بدون الإنزيم المناسب لن تحدث مطلقاً من الوجهة العملية. أما مع الإنزيم المناسب، فإنها تحدث بسرعة بالغة، وتستطيع أن تزيد وتتمخض وينبثق منها منتجات بحجم ضخمة.

إليك كيف أود أن أطرح الأمر: يوجد في معمل للكيمياء مئات من القوارير والأواني فوق أرففه، كل منها يحوى مادة نقية مختلفة: مركبات وعناصر، ومحاليل ومسحوقات. يرغب أحد الكيميائيين في إجراء تفاعل كيميائي معين فيختار قارورتين أو ثلاث، ويأخذ عينة من كل واحدة منها، ويحلطها في أنبوبة اختبار أو دورق، وربما يستخدم للتسخين، ويحدث التفاعل. التفاعلات الكيميائية الأخرى التي يمكن أن تحدث في المعمل لا تحدث فعلاً، لأن الجدران الزجاجية للقوارير والأواني تمنع التقاء مكونات التفاعل. إذا أردنا إجراء تفاعل كيميائي مختلف، سنمزج مكونات التفاعل المختلفة في دورق مختلف. هناك في كل مكان حواجز زجاجية تبقى المواد النقية منفصلة إحداهما عن الأخرى في القوارير أو الأواني، وتبقى التوليفات المتفاعلة منفصلة إحداهما عن الأخرى في أنابيب الاختبار أو الدوارق أو للكنوس.

الخلية الحية هي أيضاً معمل كيمياء كبير، ولديها مخزن كيماويات كبير بما يماثل ذلك، ولكنها ليست محفوظة في قوارير وأواني منفصلة فوق الأرفف. فهي كلها مخلوطة معاً. الأمر وكأن هناك مخرب، أو كيميائي يُعد أستاذًا في الفوضى قد دخل المعمل، وأمسك بكل القوارير

من فوق كل الأرفف وقلبيها جميعاً بحماس فوضوى داخل مرحل واحد صخم. ترى هل هذا فعل فطبيع؟ سيكون كذلك لو أن هذه الكيماويات تفاعلت كلها معاً بكل التوليفات الممكنة لاتحادها معاً. ولكنها لا تتفاعل. أو أنها إذا تفاعلت تكون سرعة تفاعلها معاً بالغة البطء وكأنها لا تتفاعل مطلقاً. "إلا إذا" كان أحد الإنزيمات موجوداً - وهذه هي كل النقطة المهمة هنا - لا حاجة هنا للاحتفاظ بهذه المواد منفصلة في قوارير وأوانٍ رجاجية، لأنها بكل النوايا والأغراض لن تتفاعل معاً بأى حال - "إلا إذا وجد الإنزيم المناسب. ما يرادف هنا حفظ الكيماويات في قوارير مقلقة إلى أن نحتاج إلى مزج اثنين معينين منها هما (أ) و (ب) مثلاً، هذا المرادف هو أن نمرج كل منات المواد في إناء صخم للتخمير عند إحدى الساحرات، ولكننا لا نمد إلا بالإنزيم المناسب وحده لحفظ التفاعل بين (أ) و (ب) وليس لحفز أى اتحاد آخر. الواقع أن الاستعارة المجازية عن ذلك المخرب العوضوى للنزعة الذى يقلب القوارير لهى استعارة تذهب لأبعد مما يجب. الخلايا تحوى بالفعل بنية تحتية من أغشية تجرى التفاعلات الكيميائية فيما بينها وفى داخلها. تلعب هذه الأغشية إلى حد ما دون الفواصل الرجاجية بين أنابيب الاختبار والدوارق.

النقطة المهمة في هذا الجزء من هذا الفصل هي أن "الإنزيم المناسب" يكتسب "صفة ملائمة" إلى حد كبير من خلال شكله الفيزيقي (وهذا أمر مهم؛ لأن الشكل الفيزيقي يتحدد بالجينات، وتغايرات الجينات هي التى يحبذها في النهاية الانتخاب الطبيعي أو يرفضها). هناك كم وفير من الجينات تتحرف وتلتوى وتدور خلال الحساء الذى يقمر الخلية من داخلها. ربما سيمسح جزء من المادة (أ) بأن يتفاعل مع جزء من المادة (ب) ولكن هذا التفاعل يحدث فقط إذا اتفق أن اصطدم للجزيئان وهما في

مواجهة معا في الاتجاه المناسب بالضبط أحدهما بالنسبة للآخر. ولكن هذا على نحو حاسم، نادرا ما يحدث - "إلا" إذا تدخل الإنزيم المناسب. الشكل المضبوط للإنزيم، هو الشكل الذي يطوى فيه نفسه مثل قلادة مغناطيسية، ويكون منفورا بالتجاويف والانبعاثات، وكل منها له شكل ضئط بدقة. لدى كل إنزيم ما يسمى "بالموقع النشط"، وهو عادة انبعاث أو جيب معين، له من شكله وخصائصه الكيميائية ما يضاف على الإنزيم خصوصية تأثيره. كلمة "الانبعاث" لا تنقل على نحو كاف معنى الخصوصية والدقة في هذا الميكانيزم. ربما تكون المقارنة أفضل عند التعشيب بالمقبس الكهربائي. البلاد المختلفة في العالم بأسره قد اتخذت على نحو مستفز مواصفات تعسفية مختلفة للمقبس Plug والمقبس Socket، مما يسميه صديقي عالم الحيوان جون كريب بأنه "مؤامرة المقابس الكبرى" القوايس البريطانية لا تتناسب المقابس الأمريكية أو الفرنسية، وهلم جرا. مواقع النشاط على سطح جزيئات البروتين هي مقاييس لا تتلاءم معها إلا جزيئات معينة. ولكن بينما تجرى مؤامرة المقابس الكبرى بين سنة فحسب من الأشكال المختلفة في العالم كله (تكفى تماما لأن تشكل مصدر إزعاج مستمر للمسافر)، فإن أنواع المقاييس المختلفة التي تتلاعب بها الإنزيمات عددها أكبر إلى حد كبير.

هنا نتأمل إنزيما معيناً يحفز الاتحاد الكيميائي بين الجزيئين (ص) و (ص) لصنع المركب (ص ض). أحد نصفي الموقع النشط "المقبس" يناسب فحسب جزيئا من نوع (ص) ليأوى داخله، مثل لعبة قطع الصور المتشاككة (jigsaw). النصف الآخر من المقبس نفسه قد تشكل بدقة مساوية ليُدخل فيه الجزء ض - بحيث يواجه بالضبط الجزء ص الموجود هناك من قبل، بالطريقة المناسبة لأن يتحد معه كيميائيا. هكذا

يتشارك جزئ ص و جزئ ض في أحد الانبعاجات وقد أبقيا في إحكام أحدهما بالنسبة للآخر في الزاوية المناسبة بالضبط بواسطة جزئ الإنزيم الذى يقوم بدور وسيط للزواج، وبالتالي فإن ص و ض يتحدان معا. والآن ينطلق المركب الجديد ص ض مبتعدا إلى داخل الحساء، تاركاً الانبعاج النشط في جزئ الإنزيم وقد تحرر حتى يجلب معا جزيئان آخران من ص و ض. قد تكون إحدى الخلايا مليئة بحشود من جزيئات إنزيمات متماثلة، كلها تعمل كالروبوتات في مصنع سيارات، وهى تتمخض لتنتج مركب ص ض بكميات في الخلية تراف كميات الانتاج في الصناعة. إذا وضعنا إنريما آخر في الخلية نفسها ستتمخض عن منتج مختلف، ربما يكون ط ع، أو ظ غ، أو ن هـ. يختلف المنتج النهائى، وإن كانت المواد الخام المتاحة هي نفس المواد. هناك أنواع أخرى من الإنزيمات لا تختص بإنشاء مركبات جديدة، وإنما تختص بتحليل المركبات القديمة. بعض هذه الإنزيمات تشارك في هضم الطعام، وهى تُستغل أيضا كمساحيق غسيل "بيولوجية". ولكن حيث أن هذا الفصل يدور حول بناء الأجنة، فإننا نهتم هنا غالبا بالإنزيمات البنائية، التى تعمل كوسيط لتركيب المركبات الكيميائية الجديدة. إحدى هذه العمليات موضحة أثناء قيامها بالعمل في ص ٨ الملونة.

لعل هناك مشكلة يلقاها القارئ هنا. حسن جدا أن نتحدث عن لعبة قطع الصور المتشابكة وما فيها من انبعاجات ومقابس، وعن مواقع النشاط المتخصصة بأعلى درجة ولديها القدرة على زيادة سرعة تفاعلات كيميائية معينة بما يصل إلى تريليون مرة. ولكن ألا يبدو هذا كله رائعا بأكثر مما يمكن تصديقه ؟ كيف يحدث أن جزيئات إنزيم لها الشكل المناسب بالضبط تتطور من بدايات أقل كمالاً ؟ ما احتمال أن مقبسا قد تشكل عشوائيا،

سيكون له الشكل المناسب بالضبط، والخصائص الكيميائية المناسبة بالضبط، ليرتّب زواجا بين الجزئين ص و ض، متحايلا على أن يلتقيا عند الزاوية الملائمة بالضبط ؟ لن يكون هذا احتمالا كبيرا جدا إذا فكرنا بطريقة "إنهاء لعبة قطع الصور المتشابهة" - أو إذا فكرنا حقا بطريقة "مؤامرة القابس الكبرى". علينا بدلا من ذلك أن نفكر بطريقة "الممال السلس للتحسن". وكما يحدث كثيرا عندما نواجه بذلك الأحجية عن مدى تركيب وعدم احتمال نشأة الأشياء في التطور، سيكون من المغالطة أن نفترض عندها أن للصورة النهائية المتقنة بالكامل التي نراها الآن وُجدت بالطريقة نفسها التي كانت دائما موجودة بها. جزيئات الإنزيمات التي اكتملت صياغتها في تطور راق تتجزز زيادة في سرعة التفاعلات التي تحفزها تصل إلى تريليون مثل، وهي تفعل ذلك لأنها قد صنعت بحرفية رائعة في الشكل المناسب بالضبط. ولكننا لا نحتاج إلى زيادة سرعة التفاعل بترليون مثل حتى نفال تحييد الانتخاب الطبيعي. سيكون لذلك تماما زيادة السرعة بمليون مثل ! وكذلك أيضا زيادتها بألف مثل. وربما حتى ستكون زيادة السرعة بعشرة أمثال أو بمئتين كافية لأن يكون للانتخاب الطبيعي قبضة محكمة بكفاءة. هناك ممال سلس من التحسن في أداء أي إنزيم، بطول كل الطريق ابتداء مما يكاد يكون عدم وجود لأي انبعاث مطلقا، ثم مروراً بالانبعاث ذى الشكل البدائي، ووصولاً إلى المقبس الذى له بالضبط الشكل المناسب والبصمة الكيميائية المناسبة. "الممال" يعنى أن كل خطوة يكون فيها تحسن ملحوظ عن سابقتها، مهما كان صغيرا. وما هو "ملحوظ" بالنسبة للانتخاب الطبيعي يمكن أن يعنى تحسنا أقل من الحد الأدنى اللازم لأن نلاحظه نحن.

هكذا فنحن نرى كيف ينجح هذا في العمل. أمر رائع ! الخلية مصنع كيمائى متعدد الأغراض، قادر على أن تخرج منه كميات هائلة من مدى واسع متنوع من المواد المختلفة، ويتم الاختيار هنا حسب الإنزيم الذى يكون موجودا. كيف يتم صنع "هذا" الاختيار ؟ حسب الجين الذى يتم تشغيله ". وكما أن الخلية تمثل وعاء ضخما مليئا بالكثير من الكيمائيات، لا يتفاعل منها إلا القلة أحدها مع الآخر، فبمثل ذلك نجد أن كل نواة خلية تحوى كل الجينوم، إلا أن قلة لا غير من الجينات يتم تشغيلها. عندما يتم تشغيل حين في خلية بنكرياس مثلا، فإن تتابع حروف الشفرة فيه يحدد مباشرة تتابع الأحماض الأمينية في أحد البروتينات؛ وتتابع الأحماض الأمينية (إذا تذكرنا صورة القلادة المغناطيسية ؟) يحدد الشكل الذى يطوى به البروتين نفسه؛ والشكل الذى يطوى به البروتين نفسه يحدد بالضبط شكل المقابس التى تزوج المواد التى تتجرف داخل الخلية. كل الخلايا تحوى جينات لصنع كل الإنزيمات، وذلك مع استثناء خلايا قليلة جدًا مثل كرات الدم الحمراء التى ينقصها وجود نواة. على أنه في كل خلية واحدة، لا يتم تشغيل إلا جينات قليلة في كل مرة واحدة. في خلايا الغدة الدرقية مثلا يتم تشغيل الجينات التى تصنع الإنزيمات المناسبة لحفز صناعة هرمون الدرقية. ويحدث ما يلاحظ ذلك في كل الأنواع المختلفة من الخلايا. في النهاية، فإن التفاعلات الكيميائية التى تجرى في إحدى الخلايا تحدد الطريقة التى تتخذ بها الخلية شكلها، والطريقة التى تسلك بها، وطريقة مساهمتها في أسلوب تفاعلات الأورجاني مع الخلايا الأخرى. هكذا فإن كل سياق التامى الجينى يكون محكوما عن طريق تتال متشابه من الأحداث، بواسطة الجينات. الجينات هي التى تحدد تتابع الأحماض الأمينية، وهذا الأخير يحدد البنية الثلاثية للبروتينات التى تحدد بدورها

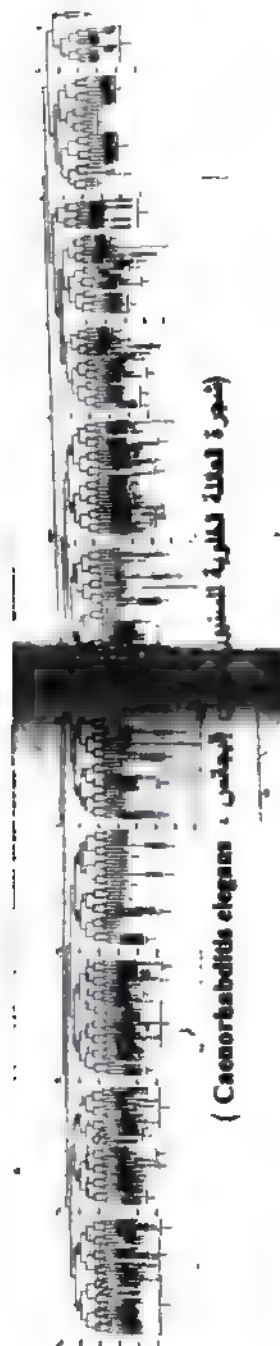
أشكال مواقع النشاط المشابهة للمقبس، وهذه تحدد كيمياء الخلية، التى تحدد بدورها سلوك الخلايا في التنامي الجنيني سلوكا "مشابها لطائر الزرزور". وبالتالي فإن اختلاف الجينات عند طرف الأصل من سلسلة الأحداث المعقدة يستطيع أن يسبب الاختلاف في طريقة تنامي الأجنة، وبالتالي الاختلاف في شكل وسلوك البالغين. يؤدي نجاح هؤلاء البالغين في البقاء والتكاثر إلى تغذية مرتدة مفادها أن تبقى في المستودع الجنيني الجينات التى تصنع الفارق بين النجاح والفشل. وهذا هو الانتخاب الطبيعي.

الإميريولوجيا تبدو معقدة - وهى بالفعل معقدة - إلا أن من السهل استيعاب النقطة المهمة هنا، وهى أننا نتعامل بطول الطريق مع عمليات تحميم ذاتى موضعية. لدينا سؤال منفصل، فباعتبار أن كل الخلايا (تقريبا) تحوى كل الجينات، كيف يتقرر من من الجينات سيتم تشغيله في كل نوع مختلف من الخلايا. على الآن أن أعالج هذا بإيجاز.

ثم تأتي تجارب الديدان

تحديد ما إذا كان جين معين سيتم تشغيله في خلية معينة عند وقت معين، أمر يحدث غالبا عن طريق سلسلة منتظمة من جينات أخرى تسمى جينات التشغيل أو جينات التحكم، وذلك بواسطة البيئة الكيميائية للخلية. خلايا الغدة الدرقية تختلف تماما عن خلايا العضلات، وهلم جرا، هذا على الرغم من أن جيناتها متماثلة. يمكنك أن تقول، هذا حسن جدا، مادام تنامي الجنين يتخذ مجراه، والأنواع المختلفة من الأنسجة مثل الغدة الدرقية والعضلات موجودة من قبل. ولكن كل جنين يبدأ كخلية واحدة. خلايا الغدة الدرقية، والعضلات، والكبد، والعظام، والبنكرياس، والجلد وكلها خلايا تتحدر من خلية واحدة لبويضة مخصبة،

عن طريق شجرة عائلة متفرعة. هذه شجرة عائلة خلوية ترجع وراء لما لا يزيد عن لحظة الحمل، ولا علاقة لها بشجرة التطور التي تعود وراء إلى ملايين السنين، والتي تواصل أن تبرز لنا في فصول الكتاب الأخرى. دعني أعرض على القارئ مثلاً شجرة العائلة الكاملة لكل عدد من الخلايا في إحدى البيرقات، عدد يبلغ ٥٥٨ خلية في كل يرقة فقست حديثاً لدودة خيطية اسمها "سينورهابديتيس اليحانس"، *Caenorhaditis elegans* " (انظر للرسم السابق بأسفل: مع رجاء الانتباه لكل تفصيل في هذا الرسم للتوضيح). فيما يعرض لا أعرف ما الذي فعلته هذه الدودة الضئيلة الحجم لتكتسب لنوعها اسم "الأنيقة *elegans*" ولكنني أستطيع باستعادة التفكير وراء أن أجد سبباً قوياً ربما جعلها تكتسب الاسم. أعرف أن قرأني ليسوا كلهم ممن يحبون استطراداتي، ولكن الأبحاث التي أجريت على هذه الدودة فيها نصر مدو' للعلم يجعلني لا أتوقف عن هذا الاستطراد.



(شجرة العنقبة الطويلة للسوس)

الجفنس

(*Caenorhabditis elegans*)

اختبرت هذه الدودة في ستينات القرن العشرين كحيوان تجريبي مثالي وكان ذلك بواسطة سينى برينر العالم الجنوب أفريقي وهو عالم بيولوجيا جهبذ ألمعى. كان وقتها قد أكمل حديثا مع فرنسيس كريك وآخرين في كمبردج، للكشف عن الشفرة الوراثية، وبعدها أخذ يبحث هنا وهناك عن مشكلة جديدة حتى يقوم بحلها. أدى اختياره الملمم لهذه الدودة، وأبحاثه الخاصة الرائدة على وراثياتها وتضريح جهازها العصبى إلى نشأة مجتمع عبر العالم كله من الباحثين في أمر هذه الدودة، تسمى عددهم إلى الآلاف. لن نبالغ إلا قليلا عندما نقول أننا نعرف الآن "كل شيء" عن دودة "سينور هابديتيس إلبجانس"! نحن نعرف جينومها بأكمله. ونعرف بالضبط مكان وجود كل خلية من خلاياها الـ ٥٥٨ في جسدها. (وهذا هو عدد الخلايا في اليرقة، ولكن عددها ٩٥٩ خلية في شكلها البالغ الخنثوى، بدور إحصاء عدد الخلايا النكاثرة)، ونحن نعرف بالضبط "التاريخ العائلى" لكل واحدة من هذه الخلايا عن طريق التتالى الجينوى. نحن نعرف أمر عدد كبير من الجينات الطافرة التى تنتج عنها ديدان شاذة، ونعرف بالضبط أين يكون فعل الطفر فى الجسم والتاريخ الخلوى المضبوط لطريقة نشأة الشذوذ. هذا الحيوان الصغير معروف من مدته لمنتهاد، ومعروف ظهرا لبطن، ومعروف من الرأس للذيل وبكل المواقع فيما بينهما، معروف قلبا وقالبا ("بأله من يوم متع!"). أقر بقدر برينى فى وقت متأخر بأن فاز بجائزة نوبل للفيزيولوجيا فى ٢٠٠٢، كما تم تكريمه بأن سُمى باسمه نوع له صلة قرابة بالـإلبجانس وهو "سينورهابديتيس برينيرى، *Caenorhabditis brenneris*". وبرينير يكتب عمودا منتظما فى دروية "كارنت بيولوجى" (البيولوجيا حاليا)، تحت عنوان "العم سيد"، وعموده نموذج للفطنة العلمية الذكية المفحمة - وفيه أناقة تماثل ما فى جهد الأبحاث التى تجرى فى العالم بأسره على سى. إلبجانس، وهى الأبحاث التى ألهم هو بها. ولكنى أود حقا لو أن علماء النيولوجيا الجينية تحدثوا إلى بعض علماء البيولوجيا (مثل برينر نفسه) ليتعلموا

ألا يشيرُوا إلى "سينور هابديتيس" على أنها "ال" دودة الخيطية، أو حتى على أنها "ال" دودة، وكأنما لا توجد دودة خيطية أو أى دودة أخرى غيرها.

لن يتمكن القارئ بالطبع من قراءة أسماء أنواع الخلايا في الرسم التوضيحي السابق بأسفل (ستلزم سبع صفحات لطبع هذا كله على نحو يُقرأ بوضوح)، ولكن هذه الأسماء تذكر أشياء مثل "البلعوم"، و"عضلة أمعاء"، و"عضلة جسدية"، و"عضلة عاصرة"، و"عقدة حلقيّة"، و"عقدة قطنية". الخلايا من كل هذه الأنواع هي بالمعنى الحرفي بنات عمومة إحداهما للآخرى: بنات عمومة بفضل أسلافها خلال زمن حياة الدودة المفردة. وكمثل فسانظر إلى خلية عضلة جسدية معينة تسمى "MSpapppppa"، وهي أخت لخلية عضلة جسدية أخرى، هي ابنة عم من الدرجة الأولى لخليتين أخريين من الخلايا العضلية الجسدية، هي ابنة عم من الدرجة الأولى أبعدت ذات مرة من خليتين أخريتين من الخلايا العضلية الجسدية، هي ابنة عم من الدرجة الثانية لست خلايا بلعومية، هي ابنة عم من الدرجة الثالثة لسبع عشرة خلية بلعومية... وهلم جرا. أليس من المذهل أننا نستطيع بالفعل استخدام كلمات مثل "ابنة عم من الدرجة الثانية" بمنتهى الدقة والثقة، للإشارة إلى خلايا مسماة وتكرر التعرف عليها في جسم أحد الحيوانات ؟ عدد "أجيال" الخلايا التي تفصل الأنسجة عن البويضات الأصلية ليس بالغ الكبير. وعلى كل لا يوجد إلا ٥٥٨ خلية في الجسم، ونستطيع نظرياً أن نصنع عدداً من ١٠٢٤ (٢ للأس ١٠) في عشرة أجيال من انقسام الخلايا. عدد أجيال الخلايا بالنسبة للخلايا البشرية سيكون أكبر كثيراً. ومع ذلك يمكننا من الوجهة النظرية أن نصنع شجرة عائلة مماثلة لكل واحدة من خلايانا التي يصل عددها إلى الترليون خلية مفردة (إزاء ٥٥٨ من خلايا البقرة الأنثى لسي. إيلجانس)، وذلك بأن نتبع مسار لتحدار كل خلية وراء حتى نصل إلى خلية البويضة المخصبة الواحدة. إلا أنه بالنسبة للتنبؤات لا يمكن تعيين

خلايا معينة بتسمية متكررة. بالنسبة لنا يكون الأمر على نحو أكثر حالة من عشائر إحصائية للخلايا، تختلف تفاصيلها في الأفراد المختلفين.

أرجو ألا يكون استطرادي الحماسي عن أُنَاقَة الأبحاث على "سيبور هابديتيس" قد صرف انتباهنا عن النقطة المهمة التي كنت أوضحها عن كيف أن أنواع الخلايا تختلف في شكلها وخواصها وهي تتفرع بعيدا إحداها عن الأخرى في شجرة العائلة الجينية. عند نقطة التفرع بين خلية نسيلة مصيرها أن تصبح خلايا بلعوم، ونسيلة "ابنة عم" لها مصيرها أن تصبح خلايا عقدة حلقية، يجب أن يكون هناك شيء ما يميز بينهما، وإلا فكيف ستعرف هذه الخلايا الطريقة لتشغيل جينات مختلفة ؟ الإجابة هي أنه عندما تنقسم أحدث سلف مشترك للنسيلتين، فإن البصيفين الالتهين للخلية قبل الانقسام كانا يختلفان أحدهما عن الآخر، وبالتالي، فإنه عندما انقسمت الخلية، فإن الخليتين الإتهين وإن كانتا متمثلتين في جيناتها (كل خلية ابنة تتلقى مجموعة مكتملة من الجينات) إلا أنهما لا تتماثلان في الكيماءات المحيطة بهما. وهذا يعني أنه لا يتم تشغيل نفس الجينات - مما يؤدي إلى تغيير مصير سلالتهم. يطبق هذا المبدأ نفسه في كل الإمبريولوجيا بأكملها، بما في ذلك بدايتها الأولى. مفتاح التمايز في كل الحيوانات هو الانقسام اللاسمتري للحلأ^(١).

(١) نجد في "سينورهابديتيس" أن الخلية الأصلية المسماة "رد، Z" لها طرف أمامي يختلف عن طرفها الخلفي، وهذا الاختلاف سيصل إلى أن يمثل محور الجسد النهائي للمقدمة - المؤخرة - أماما وخلفا. عندما تنقسم الخلية فإن الخلية الابنة الأمامية المسماة (AB) يكون فيها مادة طرف أمامي أكثر من الخلية الابنة الخلفية التي تسمى (PI) وهذا الاختلاف سيكون فيه تعليمات فرعية لصنع مزيد من الاختلافات بطول خط السلالة. مصير خلية (AB) هو أن ينشأ عنها ما يزيد زيادة لها قدرها عن نصف خلايا الجسد، بما في ذلك معظم الجهاز العصبي، ولن أناقش هذا لأكثر من ذلك. خلية (AB) لها طفلتين هما مرة أخرى تختلف كل منهما عن الأخرى، وتسمى إحداها (EMS) (وتحدد الجانب البطنى من الدودة النهائية) =

تتبع سير جون سلتون وزملاؤه مسار كل خلية في جسم الدودة وراء حتى
 حلية واحدة، وواحدة فقط، من الخلايا المت التأسيسية - يمكننا حتى أن نسميها
 بخلايا "النظام الأمومي"، matriarch's - واسم هذه الخلايا هو AB و MS و E
 و D و C و P4⁽¹⁾. استخدم العلماء في تسمية الخلايا ترميزا بارعا يلخص تاريخ
 كل خلية. يبدأ اسم كل خلية باسم واحدة من الخلايا الست التأسيسية، الحلية التي
 انحدرت منها السلالة. وبعدها يكون الاسم سلسلة من الحروف، الحروف الأولى
 عن إتجاه انقسام الخلايا الذي نشأت عنه: anterior (أمامي)، posterior
 (خلفي)، dorsal (ظهري)، ventral (بطني)، left (أيسر)، right (أيمن).

= والطفلة الأخرى، (P2) (تحدد الجانب الظهري). هؤلاء هم أحفاد (Z) (ليذكر القارئ هنا
 أنى عندما استخدم كلمات مثل "أطفال" و "أحفاد"، فأنا أتكلم عن خلايا داخل الجبين المتنامي،
 وليس عن نيدلى مفردة). (EMS) لديها الآن طفلتان، اسمهما (E) و (MS)، بينما (P2)
 لديها طفلتان اسمهما (C) و (P3). الأطفال E، MS، و C و P3، هم أحفاد الأساء لـ
 (أحفاد الأساء الآخرون ينحدرون من (AB) ولن أكتب عنهم إلا أن اثنتين منهم اسمهما
 (ABal)، (Abpl) "تحددان الجانب الأيسر، بينما بنات عمومتهما" (ABpr) و (ABpr)
 تحددان الجانب الأيمن للدودة النهائية). P3 لديها طفلتان هما (D) و (P4) وهما أحفاد
 (Z). (MS) و (C) لديها أيضا أطفال، ولكنى لن أذكر أسماءهم هنا. مصير P4 هو أن يشأ
 عنها ما يسمى بالخلايا الجرثومية. للخط الجرثومي يتكون من خلايا لا تشارك في بناء
 الجسم، ولكنها بدلا من ذلك ستصنع الخلايا للتكاثرية. من الواضح أنه ليس هناك حاجة إلى
 تذكر هذه الاسماء أو تكوين ملاحظات عنها. النقطة المهمة هي فحسب أن الخلايا على الرغم
 من أنها متطابقة جينيا أحداها مع الأخرى، إلا أنها تختلف في طبيعتها الكيميائية، كمنبجحه
 لتعليمات وراثية تراكمية تترتب على تاريخها من حيث تتابع انقسامات الخلية داخل الجبين.

(1) ظل سلتون باقيا في كمبردج بعد أن غادرها بريز لأمریکا، وسلتون فرد آخر من الثالوث
 الذى نال جائزة نوبل عن الأبحاث على "سينورهابديتيس". هذا وقد واصل سلتون أبحاثه
 الأخرى التى قاد فيها الطرف البريطانى في المشروع الرسمى للجينوم البشرى، أما الطرف
 الأمريكى فقاد أولاً جيمس واتسون وبعدها فرتيسيس كولنر.

وكمثل فإن Ca و Cp هما الخليتان الابتدائيتان للخلية الأمومية C، وهما الابنة الأمامية، anterior، والخلفية، posterior حسب للترتيب. دعنا نلاحظ أن كل خلية ليس لها أكثر من ابنتين (قد تموت واحدة منهما). لذا الآن أنظر إلى خلية جسد عضلية معينة، اسمها Cpppv، وهو اسم يكشف بإيجاز بارع عن تاريخها. الخلية C لها ابنة أمامية، anterior، وهذه لها ابنة خلفية، posterior، التي لها ابنة خلفية posterior، لها أيضا ابنة خلفية، posterior، والأخيرة لها ابنة بطنية، ventral هي خلية الجسد للعضلية موضوع البحث. كل خلية في الجسم يرمز لها بسلسلة مشابهة من الحروف على رأسها إحدى الخلايا الست التأسيسية. وكمثل آخر فإن الخلية ABprppppap، هي خلية عصبية موقعها في الحبل العصبى البطنى الذى يحرى بطول اللودة . لاجابة للقول بأنه من غير الضرورى أن ندخل في التفاصيل. النقطة الرائعة هي أن كل خلية في الجسم لها اسم كهذا، يصف كليا تاريخها أثناء الإمبريولوجيا. كل واحد من الانقسامات العشرة التى شأت عنها خلية ABprppppap، هي وأى خلية أخرى، هو انقسام لاسمترى فيه الإمكان لبدء تشغيل جينات مختلفة في كل من الخليتين الابتدائيتين. هذا هو المبدأ الذى تمتاز به الأنسجة في كل الحيوانات، حتى وإن كانت كل خلاياها تحوى الجينات نفسها. معظم الحيوانات لديها بالطبع خلايا أكثر من ال ٥٥٨ خلية لدى "سينورهابديتيس"، وتناميها الجنيني يتحدد في معظم الحالات بدرجة أقل من الصرامة. وبوجه خاص، كما تفضل سير جون سلمستون بأن يذكرنى، وكما سبق لى أن ذكرت بإيجاز، نجد في الحيوان الثديى أن "الأشجار العائلية" لخلايانا تختلف في كل فرد، في حين أنها في "سينور هابديتيس" تكون متطابقة تقريبا (إلا في الأفراد الطافيرين). ومع ذلك يظل المبدأ هو نفسه. في أى حيوان، تختلف الخلايا إحداها عن الأخرى في أجزاء الجسم المختلفة، حتى وإن كانت كلها جينيا متماثلة، وذلك بسبب تاريخها من الانقسام اللاسمترى للخلية أثناء الزمن القصير لسياق التنامى الجنينى.

هيا نستمع للاستنتاج النهائي لهذا الأمر كله. لا توجد خطة شاملة للتنامي، ولا توجد طبعة تصميم زرقاء، ولا توجد خطة لمهندس معماري، ولا يوجد مهندس معماري. تنامي الجنين، وفي النهاية تنامي البالغ، يتم إنجازهما بقواعد موضوعية تنفذها الخلايا، وهي تتفاعل مع الخلايا الأخرى على أساس موضوعي. وبالمثل، فإن ما يجري داخل الخلية محكوم بقواعد موضوعية تطبق على الجزيئات، خاصة جزيئات البروتين، داخل الخلايا وفي أغشية الخلايا، وهي حزيئات تتفاعل مع الجزيئات الأخرى من هذا النوع. مرة أخرى فإن القواعد كلها موضوعية، وموضوعية، وموضوعية. لا أحد ممن يقرؤون تتابع الحروف في دنا إحدى البويضات المخصبة، سيتمكن من أن يتنبأ بشكل الحيوان الذي سوف تنامي إليه. الطريقة الوحيدة لاكتشاف ذلك هي أن ننمي البويضة بالطريقة الطبيعية، ونرى ما الذي ستتحول إليه. لا يستطيع أى كمبيوتر إلكترونى أن يستنتج ذلك، إلا إذا نُرْمِج ليحاكي العملية البيولوجية الطبيعية نفسها، وفي هذه الحالة نستطيع أن نستغنى كذلك عن السخنة الإلكترونية وأن نستخدم الجنين المتنامي على أنه الكمبيوتر الحاص نفسه. هذه الطريقة لتوليد بنى كبيرة ومعقدة بالتنفيذ للخالص لقواعد موضوعية لهى طريقة تتميز تماماً عن طريقة طبعة التصميم الزرقاء في أداء الأشياء. لو كان دنا بعض نوع من تصميم طبعة زرقاء خطية، سيكون من الممارسات النافهة نسبياً أن نبرمج الكمبيوتر ليقراً الحروف ويرسم الحيوان. ولكن لن يكون من السهل مطلقاً عندها - بل ربما يكون من المستحيل - أن يحدث في المقام الأول أى تطور للحيوان.

والآن يسغى ألا ينتهى هذا الفصل عن الأجنة كمجرد استطراد في كتاب عن التطور، ولذلك لا بد من أن أعود إلى المشكلة الأصلية للسيدة التى ألقت سؤالها على هالدين. باعتبار أن الجينات تتحكم في عمليات التنامي الجنينى بأولى من أن تتحكم في شكل الحيوان البالغ؛ وباعتبار أن الانتخاب الطبيعى كممدع لا يبنى

أجنحة صنيلة الحجم، وإنما تقبل ذلك الإمبريولوجيا؛ باعتبار هذا كله كيف يقوم الانتخاب الطبيعي بالعمل على الحيوانات لتشكيل أجسادها وسلوكها ؟ كيف يقوم الانتخاب الطبيعي بالعمل على الأجنة، أو بكلمات أخرى كيف يعيد هزتها بحيث تصبح دائما أكثر براعة في بناء أجسام ناجحة، لها أجنحة، أو زعانف، أو أوراق، أو صفائح تدريع، أو حمة لدغ، أو مجسات استشعار أو أى مما يلزم لبقائها ؟

الانتخاب الطبيعي هو البقاء المتميز للجينات الناجحة في المستودعات الجينية، بدلا من بقاء بدائلها من الجينات الأقل نجاحا. الانتخاب الطبيعي لا يختار الحينات مباشرة. وهو بدلا من ذلك يختار مفوضيها أو وكلاءها، الأجساد الفردية؛ وهذه الأفراد يتم اختيارها بطريقة واضحة وأتوماتيكية ومن غير تدخل متعدد- فتُختار حسب ما إذا كانت ستظل باقية لتكاثر من نسخ يكون لها بالوسط الجينات نفسها. بقاء الحين يرتبط وثيقا ببقاء الأجساد التى يساعد هو على بنائها؛ وذلك لأنه يركب في داخل هذه الأجساد ويموت معها. أى جين معين يمكن له أن يتوقع أن يجد نفسه وهو يمتلئ عددا كبيرا من الأجساد، ويحدث ذلك على نحو متزامن في عشيرة من المعاصرين، كما يحدث أيضا بالتتابع إذ يتلو أحد الأحيال الحيل الآخر. وإذن فمن الوجهة الإحصائية، فإن الجين الذى ينحو في المتوسط لأن يكون له تأثير جيد من حيث توقعات بقاء الأجساد التى يجد نفسه فيها، سوف ينحو إلى أن يزيد تكراره في المستودع الجيني. وبالتالي، سنجد في المتوسط، أن الحينات التى نقابلها في أحد المستودعات الجينية سوف تنحو لأن تكون الجينات الجيدة في بناء الأجساد. هذا الفصل يدور هكذا حول الإجراءات التى تبني بها الجينات الأجساد.

السيدة التى حاورت هالدين تجد أن من غير المعقول أن يكون الانتخاب الطبيعي قادرا على أن ينظم، خلال بليون سنة مثلا، وصفاً جينية لبناء هذه السيدة. وأنا أحد أن هذا معقول، وإن كان لا يمكن لى بالطبع أنا أو أى واحد آخر أن نخبرك بتفاصيل طريقة حدوث ذلك. السبب في أن هذا أمر معقول هو بالضبط أن

هذا كله يتم فعله بقواعد موضوعية. في أى فعل واحد للانتخاب الطبيعي، فإن الطمر الذى يتم انتخابه - بالتوازي في كثير من الخلايا وفي كثير من الأفراد - يكون له تأثير "بسيط" جدا في الشكل الذى تلف به تلقائيا سلسلة أحد البروتينات. وهذه بدورها، عن طريق فعل حافز، تزيد مثلا من سرعة تفاعل كيميائي معين في كل الخلايا التى يتم فيها تشغيل الجين. يؤدي هذا إلى أنه ربما يحدث تغير في سرعة نمو الفك الدائى الجنينى. وهذا له تأثيرات متعاقبة على شكل الوجه كله، ربما بأن يقلل من طول الخطم ويعطى بروفيرا أكثر آدمية وأقل "شبهها بالفردة العليا". والأز فإن ضغوط الانتخاب الطبيعى التى تحبذ أو لا تحبذ الجين يمكن أن تكون أمرا معقدا بأى حال تشاء. فهي ربما تشمل الانتخاب الجنسي، ربما من حيث الاختيار الجمالى الراقى لمن سيكونون شركاء الجنس. أو أن تغيير شكل الفك قد يكون له تأثير رهيف في قدرة الحيوان على كسر الجوز، أو قدرته على القتال مع منافسيه. هناك بعض توليف بارع إلى حد هائل بين ضغوط الانتخاب، التى تتصارع وتتصالح أحدها مع الآخر في تعقد مدهل، ويستطيع هذا التوليف أن يؤثر في النحاح الإحصائى لهذا الجين المعين، وهو يكثر من نفسه خلال المستودع الجينى. إلا أن الجين لا يدرى شيئا من هذا. وكل ما يفعله في الأجساد المختلفة وفي الأحيال المتعاقبة، أنه يعيد هزيمة انبعاث نحت بعناية في جزء بروتين. باقى القصة يتلو ذلك أوتوماتيكيا، في سلاسل متفرعة من النتائج الموضوعية، وينبثق منها في النهاية جسد بأكمله.

هناك حتى ما هو أكثر تعقيدا من الضغوط الانتخابية في البيئات الإيكولوجية^(*)، والجنسية، والاحتمالية للحيوانات، وهو شبكة التأثيرات المجتمعة المتعاقبة التى تجرى داخل وبين الخلايا المتنامية: تأثيرات من الجينات في البروتينات، والجينات في الحينات، وتأثير البروتينات في تعبير الجينات، وتأثير البروتينات في البروتينات؛

(*) الإيكولوجيا فرع من علم الأحياء يبحث للعلاقات بين الكائنات الحية وبينها (المنزحم)

وهناك الأعشبة، والممالات الكيميائية، وقضبان الإرشاد الفيزيائي والكيميائي في الأجبة، الهرمونات وغيرها من وسائط الفعل عن بعد، والخلايا ذات البطاقات المعنونة التي تبحث عن الخلايا الأخرى ذات البطاقات المماثلة أو المكملة. لا أحد يفهم الصورة كلها، ولا أحد يحتاج لأن يفهمها حتى يتقبل المعقولة الشديدة للانتخاب الطبيعي. الانتخاب الطبيعي يحيد استمرار بقاء الطفرات الجينية المسنولة عن صنع تغيرات حاسمة في الجنين، لتظل باقية في المستودع الحي. تتبثق الصورة كلها كنتيجة تترتب على مئات الآلاف من التفاعلات الصغيرة الموضعية، كل منها يمكن من حيث المبدأ أن يفهمه أى شخص لديه الصبر الكافى لتفحصه (على الرغم من أنه قد يكون عمليا أصعب من أن يتم الكشف عنه أو أن ذلك قد يستغرق منا أكثر من اللازم). الأمر كله قد يكون من الوجهة العملية محيرا وغامضا، ولكن لا يوجد أى غموض من حيث المبدأ، لا في الإمبريولوجيا نفسها، ولا في تاريخ التطور الذى يحدث عن طريقه أن تصل الجينات الحاكمة إلى أن تبرز في المستودع الجيني. تتجمع عوامل التعقد تدريجيا عبر الرمال التطورى: كل خطوة تكون فحسب مختلفة اختلافا ضئيلا عن الخطوة السابقة، وكل خطوة يتم إنجازها بتغير صغير رهيف في قاعدة موضعية موجودة من قبل. عندما يصبح لدينا عدد كاف من الكائنات الصغيرة - الخلايا، وجزيئات البروتين، والأعشبة - وكل منها يذعر في مستواه الخاص لقواعد موضعية كما أنه يؤثر في الآخرين - عندها تكون النتيجة النهائية شيئا دراميا. إذا ظلت الجينات باقية أو فسلت في البقاء، كنتيجة لتأثيرها في هذه الكيانات الموضعية وفي سلوكها، سيتبع ذلك حتما الانتخاب الطبيعي للجينات الناجحة - مع انبثاق منتجاتها الناجحة. السيدة التى سألت هالدين كانت على خطأ. ليس من الصعب، من حيث المبدأ، صنع شئ يماثلها.

وكما قال هالدين، الأمر يستغرق تسعة شهور فقط.

الفصل التاسع

فلك القارات

هيا نتخيل عالما بلا جزر

كثيرا ما يستخدم البيولوجيون كلمة "جزيرة" لتعنى شيئا آخر غير مجرد قطعة أرض محاطة بالماء. من وجهة نظر سمكة الماء العذب، تكون البحيرة جزيرة: جزيرة من ماء صالح كماوى محاط بأرض لا تصلح كماوى. من وجهة نظر خنفساء جبال الألب، التي لا تستطيع أن تزدهر في حيلتها عند موضع يقل عن ارتفاع معين، فإن كل قمة عالية تكون جزيرة، تتخللها وديان يكاد يستحيل عبورها. هناك ديدان خيطية بالغة الصغر (على صلة قرابة "بالسينورهابديتيس" الأنيفة) تعيش داخل أوراق الشجر (بمعدل من ١٠٠٠٠ دودة منها في الورقة الواحدة التي أصيبت بعدواها إلى درجة خطيرة)، وتغوص الديدان في الورق خلال ثغورها، تلك الثغوب الميكروسكوبية التي تنخل الأوراق من خلالها ثانی أكسيد الكربون وتطلق الأوكسجين. بالنسبة للدودة الخيطية التي تقطن في الأوراق مثل دودة "أفيليكويدس، *Aphelencooides*" فإن ورقة واحدة من نبات قفار الثعلب تكون جزيرة. بالنسبة لحشرة من القمل فإن رأس الإنسان الواحدة أو منطقة العانة قد تكون جزيرة. لا بد وأن هناك الكثير من الحيوانات والنباتات التي تعتبر أن الواحة في الصحراء هي جزيرة من مكان رطب أخضر صالح للسكنى، محاطة ببحر معاد من الرمال. وما دما هكذا نعيد تعريف الكلمات من وجهة نظر الحيوان، وحيث أن الأرخيبل هو سلسلة أو تجمع من الجزر فإنى أفترض أن سمكة الماء العذب قد تعرف الأرخيبل بأنه سلسلة أو تجمع من البحيرات، مثل تلك البحيرات الموجودة بطول وادى الصدع الأعظم في أفريقيا. حيوان المرموط القارص في الجبال العالية قد يعرف سلسلة من القمم الجبلية التي تفصلها الوديان بأنها أرخيبل. الحشرة التي تغوص في أوراق الشجر قد تعتبر أن طريقا مشحرا

هو أرخبيل. دبابة النبر التي تتطفل برقاتها على تجايف الثدييات قد تعتبر أن قطيعا من الماشية هو أرخبيل متحرك.

بعد أن أعدنا تعريف كلمة "الجزيرة" هكذا (السبت قد جعل للإنسان، ولم يجعل الإنسان للسبت)، دعني أعود لكلمتي الافتتاحية. هيا نتخيل عالما بلا جزر.

لقد أحضر خريطة كبيرة تمثل للبحر

ليس فيها أننى أثر للأرض:

وابتهج البحارة كل الابتهاج عندما وجدوا

أنها خريطة يستطيعون كلهم فهمها.

لن نذهب بعيدا بالأمر مثلما يفعل المناهون، ولكن دعنا نتخيل لو أن الأرض كلها جمعت معا في قارة واحدة هائلة وسط بحر بلا ملامح. لا توجد حزر إزاء الساحل، ولا بحيرات ولا سلاسل جبال فوق الأرض، لا يوجد شيء يكسر الاتساق السلس الذى يكتسح برتابة كل شيء. يستطيع أى حيوان في هذا العالم أن يتنقل بسهولة من أى مكان للآخر، ولا يحده في ذلك إلا مجرد المسافة، ولا تزعجه أى حواجز معادية. هذا عالم غير موات للتطور. ستكون الحياة على كوكب الأرض مملّة لأقصى حد إذا لم يكن هناك وجود لأى جزر، وأود أن أبدأ هذا الفصل بتفسير السبب في ذلك.

كيف تولد الأنواع الجديدة

كل نوع هو ابن عم لكل نوع آخر. ينحدر أى نوعين من نوع من الأسلاف، ينقسم إلى اثنين. وكمثل لذلك فإن السلف المشترك للبشر وطيّار بيبغاء الطيب

الأسترالى كان يعيش منذ ما يقرب من ٣١٠ مليون سنة. تنقسم للنوع السلف إلى اثنين واتجه خطا السلالتين إلى طرق منفصلة طول سائر الزمن. اخترت البشر وبيعاء الطيب ليكون الأمر مفعما بالحوية، إلا أن هذا النوع من السلف نفسه تتشارك فيه كل الثدييات عند أحد جانبي ذلك الانقسام المبكر، وكل الزواحف عند الجانب الآخر (الطيور من وجهة نظر علم الحيوان هي من الزواحف، كما رأينا في الفصل السادس). إذا وجدنا بأى حال حفرة لهذا النوع السلف، وهذا حدث غير مرجح، ستحتاج هذه الحفرة إلى اسم يطلق عليها. دعنا نسميها "بروتامنيو دارويني"، *Protamnio darwinii*. نحن لا نعرف أى تفاصيل عنها، وهذه التفاصيل لا أهمية لها مطلقا من حيث حاجتنا، ولكننا لن نخطئ إلى حد بعيد إذا تخيلنا أنها حفرة لكائن يشبه السحلية يزحف منتشرا هنا وهناك وهو يهرع للإمساك بالحشرات. والآن هاكم النقطة المهمة هنا. عندما تنقسم "البروتامنيو دارويني" إلى عشيرتين فرعيتين ستبدو كل منهما متشابهة تماما للأخرى، ويستطيع أفرادهما أن يستمتعوا بالتناسل فيما بين العشيرتين أحدهما مع الآخر؛ إلا أن أحد الفرعين تحدد مصيره بأن تنشأ عنه الثدييات، والآخر تحدد مصيره بأن تنشأ عنه الطيور (وكذلك الديناصورات والثعابين والتماسيح). هاتان العشيرتان الفرعيتان "البروتامنيو دارويني" كانتا على وشك أن تتباعد إحداهما عن الأخرى، عبر فترة زمنية طويلة جدا وعلى نحو كبير جدا. ولكنهما لن تستطيعا أن تتباعدا إذا بقيتا وأفرادهما تتناسل فيما بينهما أحدهما مع الآخر. سيواصل كلا المستودعين الحبيين أن يغمر أحدهما الآخر بالجينات. وبالتالي فإن أى نزعة للتباعد ستكبح بشدة في أول بدايتها قبل أن تتمكن إحدى العشيرتين من الانطلاق بعيدا، وذلك لأنها هكذا يغمرها تدفق الجينات من العشيرة الفرعية الأخرى.

لا أحد يعرف ما حدث بالفعل عند هذا المفترق الملقى للطرق. لقد حدث ذلك منذ زمن بعيد جدا، وليس لدينا أى فكرة عن مكان وقوعه. إلا أن النظرية

التطورية الحديثة ستعيد بثقة بناء بعض شيء مماثل للتاريخ التالي. يحدث للعشيرتين الفرعيتين "البروتامنيو داروينياي" أنهما تتفصلان بطريقة ما إحداهما عن الأخرى، ويكون أرجح سبب لذلك هو وجود حاجز جغرافي مثل شريط من البحر يفصل جزيرتين، أو يفصل جزيرة عن البر الرئيسي. يمكن أن يكون ذلك سلسلة حبلية تفصل بين واديين، أو نهرا يفصل بين غابتين: أى "جربيرتين" بالمعنى العام كما عرفت. كل ما يهم هنا هو أن العشيرتين قد عُزلتا إحداهما عنت الأخرى لزمان طويل كاف، بحيث لو حدث في النهاية أن أدى الزمان والصدف إلى إعادة اتحادهما، ستحد العشيرتان أنهما قد تباعدتا إلى حد بالغ بحيث أنهما لا يمكنهما بعد أن يتناسلا فيما بينهما. ما هو الزمن الذى يكون طويلا بما يكفى لذلك ؟ حسن، إذا تعرضت العشيرتان إلى ضغوط انتخابية قوية ومتعارضة، فإن هذا الزمن قد يقل إلى قرون معدودة، أو حتى إلى أقل من ذلك. وكمثل، فإن الجزيرة ربما ينقصها وحد مفترس نهم معن يجوبون البر الرئيسي. أو ربما تتحول عشيرة الجزيرة من التغذية على الحشرات إلى الغذاء النباتى، مثل سحالى بحر الأدرياتيك في الفصل الخامس. مرة أخرى، نحن لا نستطيع أن نعرف تفاصيل طريقة انقسام "البروتامنيو داروينياي"، ولا حاجة لنا بمعرفتها. هناك أدلة من الحيوانات الحديثة تعطينا كل الأسباب لأن نعتقد أن بعض شيء يشبه القصة التى رويتها في التو هو ما وقع في الماضى بالنسبة لكل حدث من أحداث التباعد بين السلف المشترك لأى حيوان مع الآخر.

حتى إذا كانت الظروف على جانبي الحاجز ظروفا متطابقة، فإن هناك مستودعين لجينات النوع نفسه مفصولان جغرافيا، وسوف ينجران في النهاية أحدهما بعيدا عن الآخر، وينفصلا إلى حد لا يستطيعا عنده أن يتناسلا فيما بينهما حتى لو حدث في النهاية أن أصبح الانعزال الجغرافي غير موجود. سوف تتراكم تدريجيا تغيرات عشوائية في مستودعي الجينات وتصل التغيرات هكذا إلى حد أنه

عندما يتلقى ذكر وأُنثى من الجانبين، فإن جينوماتهما ستكون مختلفة اختلافاً بالغاً لدرجة أنهما لا يمكن أن يتحداً لصنع سليل خصب. سواء حدث ذلك عن طريق الانجراف العشوائي وحده، أو بمساعدة من التمايز بالانتخاب الطبيعي، فإنه بمجرد أن يصل مستودعا الجينات إلى النقطة التي لا يلزم بعد عندهما وجود عازل جغرافي ل يبقى المستودعان منفصلين وراثياً، فإننا نسميهما عند هذه النقطة بأنهما نوعان مختلفان. في حالتنا الافتراضية هذه، ربما تكون عشيرة الجزيرة قد تغيرت بأكثر من عشيرة البر الرئيسي، بسبب عدم وجود مفترسين ولتحول إلى غذاء نباتي بأكثر. وبالتالي فإن عالم الحيوان وقتذاك ربما يدرك أن عشيرة الجزيرة قد أصبحت نوعاً جديداً ويعطيها اسماً جديداً يكون مثلاً "بروتامنيو سوروس"، *Protamnio saurops*، في حين أن الاسم القديم، "بروتامنيو دارويني" ربما يستمر صالحاً للاستعمال بالنسبة لعشيرة البر الرئيسي. في هذا السيناريو الافتراضي، لعل عشيرة الجزيرة هي التي تحدد مصيرها بأن تنشأ عنها الزواحف "الصوروسيدية، *Sauropsid*" (كل ما نسميه الآن بالزواحف مضافاً إليها الطيور)، في حين أن عشيرة البر الرئيسي تنشأ عنها في النهاية الثدييات. مرة أخرى، لا بد لي من أن أؤكد على أن "التفاصيل" في قصتي الصغيرة هي محض خيال روائي. كان يمكن بما يساوي ذلك أن تكون عشيرة الجزيرة هي التي تنشأ عنها الثدييات. من الممكن أن تكون "الجزيرة إحدى الواحات المحاطة بالصحراء، بدلاً من أن تكون أيضاً محاطة بالماء. وليس لدينا بالطبع أدنى فكرة عن ذلك المكان فوق سطح الأرض الذي حدث عنده هذا الانقسام الكبير - بل في الحقيقة نحد أن خريطة العالم ربما كانت وقتها تبدو مختلفة للغاية، بحيث أن هذا السؤال لا يكاد يعنى أي شيء. أما ما ليس بالخيال الروائي فهو الدرس الرئيسي من القصة وهو: معظم إن لم تكن كل الملايين من التباعدات التطورية التي حشدت الأرض بهذا التنوع الخصب قد بدأت بانفصال بالصدفة بين عشيرتين فرعيتين لأحد

الأنواع، كثيرا ما يكون، وإن لم يكن ذلك دائما، على جانبي حاجز جغرافي مثل بحر، أو نهر، أو سلسلة جبال، أو واد بالصحراء. يستخدم البيولوجيون كلمة "التنوع، Speciation" لانتظام أحد الأنواع إلى نوعين اثنين. سيقول لك معظم البيولوجيين أن الانعزال الجغرافي هو الاستهلال الطبيعي للتنوع، وإن كان بعضهم، وخاصة علماء الحشرات، قد يقطعون للحديث بإبداء تحفظ بأن "التنوع مع التداخل" جغرافيا يمكن أن يكون أيضا مهما. التنوع مع التداخل يتطلب أيضا بعض نوع من انفصال عارض في البدء حتى تأخذ العملية في الدوران، ولكنه انفصال يختلف عن الانفصال الجغرافي. من الممكن أن يكون ذلك بتغير محلي في المناخ المصغر أو الميكرو. لن ندخل هنا في التفاصيل، وإنما سأكتفي بأن أقول بأنه يبدو أن التنوع مع التداخل الجغرافي مهم بوجه خاص للحشرات. ومع ذلك فإنني بهدف التبسيط، سوف أفترض في باقي هذا الفصل أن الانفصال الأصلي الذي يسبق التنوع يكون طبيعيا انفصالا جغرافيا. لعل القارئ يتذكر أنني في الفصل الثاني عند معالجة سلالات الكلاب المدجنة، قد شبهت تأثير القواعد التي يفرضها المربون مستولدو الحيوانات المنسوبة بأنها تماثل إيجاد "جزر افتراضية".

قد يتخيل المرء حقا...

كيف إذن تجد عشيرتان من أحد الأنواع لهما على جانبيين متقابلين من حاجز جغرافي ؟ أحيانا يكون الحاجز نفسه هو الذي استجد. يؤدي أحد الزلازل إلى فتح فالق لا يمكن عبوره، أو إلى تغير في مجرى أحد الأنهار، وإذا بالنوع الذي كان يتكون من عشيرة واحدة يتناسل أفرادها معا يجد نفسه وقد شطر إلى عشيرتين. المعتاد بأكثر، أن يكون الحاجز موجودا من قبل طول الوقت، وأن الحيوانات نفسها هي التي تعبره، في حدث نادر استثنائي. ينبغي أن يكون هذا

الحدث نادرا وإلا فإن الحاجز لن يستحق مطلقا أن يسمى بأنه حاجز. قبل ٤ أكتوبر ١٩٩٥، لم يكن هناك أى أعضاء من نوع " إجوانا إجوانا، *Iguana iguana* " فوق جزيرة أنجويلا للكاريبية. حدث في ذلك التاريخ أن عشيرة من هذه السحالي الضخمة ظهرت فجأة في الجانب الشرقي من الجزيرة. لحسن الحظ أنها رؤيت فعلا وهي تصل إلى الجزيرة. كانت تتشبث بحصيرة من خشب منجرف وأشجار مقتلعة من جذورها، وبعضها طوله يزيد عن ثلاثين قدما، وقد انحرفت من جزيرة مجاورة، ربما تكون جزيرة جواللوب على بعد ١٦٠ ميلا. كان قد حدث في الشهر السابق إعصاران، أحدهما هو لويس في ٤-٥ سبتمبر، والآخر هو ماريلين بعد ذلك بأسبوعين، وقد اندفع كلاهما عبر المنطقة وتمكنا بسهولة من اقتلاع الأشجار بأكملها من جذورها، ومعها سحالي الإجوانا، التي اعتادت أن تمضي الوقت فوق الأشجار. ظلت العشيرة الجديدة تواصل وجودها بقوة في ١٩٩٨، وأخبرتني د. إيلين سيسكي التي كانت تقود الدراسة الأصلية أن هذه السحالي لا تزال تعيش مزدهرة حتى هذا اليوم، وبدأت حتى أكثر ازدهارا عن نوع آخر من الإجوانا كان يعيش فوق أنجويلا قبل وصول الغزاة الجدد.

النقطة المهمة بشأن هذه الأحداث من الانتثار النزوى هي أنها أحداث لا بد وأن تكون شائعة بما يكفي لأن تفسر التنوع، ولكنها لا تكون بالغة الشيوع أكثر مما ينبغي. لو كانت هذه الأحداث شائعة بأكثر مما ينبغي - كأن تتحرف مثلا سحالي الإجوانا من جواللوب إلى أنجويلا سنويا - فإن العشيرة التي تبدأ في التنوع في أنجويلا ستعاني باستمرار من إغراقها بتيار الجينات الوافدة، وبالتالي فإبها لن تستطيع أن تتباعد عن عشيرة جواللوب. فيما يعرض، أرجو من القارئ ألا يندفع باستخدامي لعبارة من نوع "لا بد وأن تكون شائعة بما يكفي". فمن الممكن أن يساء فهم هذه العبارة على أنها تعني أن هناك خطوات من بعض نوع قد تم اتخاذها لضمان أن تكون هذه الجزر متباعدة بالمسافة المناسبة بالضبط

لتسهيل التنوع ! هذا بالطبع يماثل أن نضع العربية أمام الحصان. بدلا من ذلك فإن الأمر هو أنه أينما تصادف وجود جزر (جزر بالمعنى الواسع دائما) تتعاقد بمسافة ملائمة لأن تسهيل للتنوع، فإن التنوع سيحدث فيها. والمسافة الملائمة ستعتمد على مدى سهولة أن تنتقل إليها الحيوانات موضع الاهتمام. تبعد جوالدوب عن أنجويلا بمسافة من ١٦٠ ميلا وهي مسافة تعد كنوع من لعب الأطفال لأى طير محلق قوى مثل طائر للنوء (Petrel)، إلا أن عبور البحر حتى ولو لمئات معدودة من الياردات قد يكون أصعب من أن يؤدي لولادة نوع جديد من الضفادع مثلا أو من حشرات بلا أحنحة.

ينفصل أرخبيل جالاباجوس عن البر الرئيسي لأمريكا الجنوبية بما يقرب من ٦٠٠ ميل من المياه المفتوحة، وهذا يصل تقريبا إلى أربعة أمثال المسافة التي أبحرتها سحالي الإجوانا فوق طوفها من الأشجار المقطعة لتصل إلى أنجويلا. هذه الجزر كلها تركانية، وصغيرة السن بالمعايير الجيولوجية. لم تكن أى جزيرة منها متصلة قط بأى بر رئيسي. حيوانات ونباتات منطقة الجزر لا بد وأنها كلها قد انتقلت إليها، فيما يفترض، من البر الرئيسي لأمريكا الجنوبية. على الرغم من أن الطيور الصغيرة تستطيع أن تطير مسافة ٦٠٠ ميل، إلا أن مسافة ٦٠٠ من الأميال تكفى لأن تجعل عبورها بواسطة عصافير الحسون (Finches) حدثا نادرا جدا. على أن ندرته ليست بدرجة أنه لا يمكن أن يحدث بالمرء، فهناك عصافير حسون في جالا باجوس، يفترض أن أسلافها عند نقطة ما في التاريخ قد نفث بها عبر هذه المسافة ربما بواسطة عاصفة عجيبة. عصافير الحسون هذه كلها لها نمط جنوب أمريكي يسهل إدراكه، على الرغم من أن هذه الأنواع نفسها تعد أنواعا فريدة تنفرد بها جزر جالاباجوس. هيا ننظر إلى خريطة داروين التي اخترتها لأسباب عاطفية ولأنه يستخدم فيها أسماء للجزر لها رنين فخيم من تسمية البحرية لها بالإنجليزية بدلا من الأسماء الأسبانية الحديثة. دعنا نلاحظ

مسافة عرض الحاجز. ومع ذلك فإن من الواضح وجود بعض نوع من علاقة عكسية بين المسافة واحتمال عبورها. هناك فارق كبير بين متوسط المسافة بين الجزر الذي يُقدر بعشرات قليلة من الأميال، وبين المسافة إلى البر الرئيسي التي تقدر بستمائة ميل، وهذا الفارق يبلغ من كبره أننا سنتوقع أن يكون الأرخبيل بمثابة محطة توليد القوى للتتواع. هذا هو ما كان عليه الأمر فعلا، كما أدرك داروين في النهاية، وإن لم يدركه إلا بعد أن غادر الجزر. ولم يعد لها قط.

هناك تفاوت، بين مسافة من عشرات الأميال فيما بين الجزر في داخل الأرخبيل، ومسافة من مئات الأميال بين الأرخبيل ككل والبر الرئيسي، وهذا التفاوت في المسافات هو الذي يؤدي بعالم التطور إلى أن يتوقع أن الجزر المختلفة ربما تأوى لها أنواع تتشابه إلى حد كبير أحدها مع الآخر، ولكنها أكثر اختلافا عن نظرائها في البر الرئيسي. وهذا بالضبط هو ما نجده بالفعل. وقد أوضح داروين نفسه هذا الأمر جيدا، وقد كاد يقترب اقترابا وثيقا من لغة التطور حتى قبل أن يكمل صياغة أفكاره الصياغة الصحيحة الملائمة، وقد سجلت الفقرة المفتاحية عن ذلك بخط مائل للتأكيد عليها وسوف أكررها في هذا الفصل في سياقات مختلفة:

عندما يرى المرء هذا التدرج والتنوع في البنية في مجموعة واحدة صغيرة من طيور وثيقة العلاقة، فإن المرء قد يتخيل حقا أنه كانت توجد أصلا قلة من طيور نادرة في هذا الأرخبيل، أخذ منها نوع واحد وأحدث فيه تعديل ليصل إلى نهايات مختلفة.

وبطريقة مماثلة من الممكن أن نتخيل أن طائرا هو في الأصل صقر حوام (buzzard)، قد استُحث هنا لأن يتخذ مهمة طائر "البوليوري، Polybori" في القارة الأمريكية الذي يتغذى على الجيف.

الجملة الأخيرة تشير إلى صقر جالاباجوس المسمى "بوتيو جالابوجنيسيس"، *Buteo galapagoensis*، وهو نوع آخر مما لا يوجد إلا في جالاباجوس، ولكنه يشبه بعض الشبه أنواعا أخرى في البر الرئيسي، خاصة "بوتيو سوينسوني"، *Buteo swainsoni*، الذي يهاجر سنويا بين أمريكا الشمالية والجنوبية، ومن الممكن أن يكون قد نثت بعيدا عن طريقه في بعض مناسبة أو مناسبتين من ظروف استثنائية غريبة. ينبغي علينا الآن أن نشير إلى صقر جالاباجوس وإلى الغاق الذي لا يطير على أنها "متوطنة" في هذه الجزر، بمعنى أن هذا هو المكان الوحيد الذي توجد فيه. داروين نفسه، وقد كان وقتذاك لم يعتق مبدأ التطور اعتقاكا كاملا، استخدم في وصفها عبارة جارية وقتها هي "المخلوقات المحلية أصلا" بمعنى أنها خلقت هنا فقط وليس في أى مكان آخر. واستخدم العبارة نفسها لوصف السلاحف البرية الضخمة التي كانت تغزر وقتها فوق كل الجزر، وكذلك لوصف نوعين من السحالي، سحالي جالاباجوس البرية وسحالي جالاباجوس البحرية. السحالي البحرية هي حقا كائنات نثت النظر، وتختلف تماما عن أى شيء نراه في أى مكان آخر من العالم. تغوص هذه السحالي إلى قاع البحر وترعى على أعشاب البحر، ويبدو أن هذا هو طعامها الوحيد. وهى تسبح برشاقة، وإن لم يكن فيها حسب رأى داروين الصريح أى جمال يُنظر:

أنها لكائن بشع في شكله، ولها لون أسود بقذارة،
وهى غبية^(١) وبطيئة في حركاتها. يبلغ طولها عادة عند
اكتمال نموها ما يقرب من الياردة، على أن بعضها يصل

(١) كتاب "رحلة البيجل". علماء التاريخ الطبيعي في العهد الفكتوري كانوا متعددين على إصدار أحكام قيمة من هذا النوع في كتبهم. كان جدائ يمتلكان كتابا عن الطيور فيه مدخل عن الغاق يبدأ بوصف بالقول بأنه "لا يوجد شيء يقال عن هذا الطائر البائس".

طوله حتى إلى أربعة أقدام... ونبولها مقلطحة من الجانبين، وكل أقدامها الأربع مكففة جزئيا بجليدات أو بوترات بين الأصابع... عندما تكون هذه السحلية في الماء فإنها تسبح بأكمل سهولة وسرعة، بواسطة حركات، جسدها وذيلها المقلطح متعرجة كالثعبان - بينما السيقان بلا حراك وقد انطوت وثيقا على الجانبين.

لما كانت السحالي البحرية بارعة جدا في السباحة، فإن هناك محال لأن يفترض أنها هي، وليست السحالي الأرضية، التي عبرت المسافة الطويلة من البر الرئيسي ثم تلى ذلك تنوعها في الأرخبيل، لتتأ عنها السحالي الأرضية. على أن من المؤكد نغريباً أن الحال لم يكن هكذا. السحلية الأرضية في جالاباجوس لا تختلف اختلافاً كبيراً عن السحالي التي ما زالت تعيش فوق البر الرئيسي، في حين أن السحالي البحرية تنتمي لنوع يفرد به أرخبيل جالاباجوس. لا توجد أى سحلية في أى جزء آخر من العالم لها نفس عادات السلوك البحرية مثلها. نحن الآن واتقون من أن السحلية الأرضية قد وصلت أصلاً من البر الرئيسي في أمريكا الجنوبية، وربما تكون قد انتقلت فوق طوف من الخشب مثل سحالي حوادلوب الحديثة التي نفثت إلى أنجويلا. وهي فيما تلى ذلك حدث لها تنوعها لتتأ عنها السحالي البحرية. ويكاد يكون من المؤكد أن الانعزال الجغرافى الذى يتيح نمط تباعد الحزر هو الذى جعل من الممكن وجود الانفصال الأول بين السلف من السحالي الأرضية وبين السحالي البحرية التى أخذت في التنوع حديثاً. فيما يفترض فإن بعض السحالي الأرضية قد انتقلت عرضاً عن طريق طوف لتعبر إلى جزيرة كانت قبل ذلك خالية من السحالي، وهناك اتخذت هذه السحالي عادات سلوك بحرى، وهى تخلو من أى تلوث من جينات تنساب إليها من السحالي البرية فوق

الجزيرة الأصلية. حدث متأخرا بعد وقت طويل، أن انتشرت هذه السحالي إلى جزر أخرى، لتعود في النهاية إلى الجزيرة التي كانت الأسلاف البرية لهذه السحالي قد تركتها أصلا. حاليا لن تستطيع بعد أفراد هذه السحالي البحرية أن تتناسل فيما بينها وبين السحالي البرية، وتظل عادات سلوكها البحرية الموروثة جينيا سالمة من أي تلوث بجينات السحالي البرية.

هكذا لاحظ داروين الشيء نفسه في مثل بعد الآخر. حيوانات ونباتات كل جزيرة في حالاباجوس كلها إلى حد كبير كانت متوطنة بينيا في الأرخبيل (كانات محلية أصلا، oboriginal)، إلا أنها أيضا في معظمها تنفرد في التفاصيل من جزيرة للآخرى. تأثر داروين بالنباتات بوجه خاص فيما يتعلق بهذا الأمر:

وبالتالي فإن لدينا حقيقة رائعة حقا، وهي أننا نجد في جزيرة "جيمس" وحدها [سانتياجو] أنه من بين ثمانية وثلاثين نباتا في جالاباجوس، وهي نباتات لا توجد في أي جزء آخر من العالم، يوجد من بينها ثلاثون يقتصر وجودها حصريا على هذه الجزيرة الواحدة؛ ونجد في جزيرة "البيمارل" [إيزابلا]، أنه من بين ستة وعشرين نباتا محلية أصلا في جالاباجوس، هناك اثنان وعشرون يقتصر وجودها على هذه الجزيرة الواحدة، بمعنى أنه حاليا ليس غير أربعة فقط من هذه النباتات يعرف عنها أنها تنمو في الجزر الأخرى من الأرخبيل، وهلم جرا... فيما يتعلق أيضا بالنباتات في جزيرة تشاتام [سان كريستوبال] و جزيرة تشارفز [فلورينا].

لاحظ داروين الشيء نفسه فيما يتعلق بتوزيع الطائر المحاكى^(*) عبر الحرر.

في أول الأمر ثار انتباهي تماما عندما قرنت معا
العينات العديدة التي اصطلتها أنا والعديد من الأفراد الآخرين
على ظهر السفينة، عينات من الطائر المحاكى المغرد
(mockingbird)، واكتشفت مذهولا أن كل العينات من
جزيرة "تشارلز" تنتمي إلى نوع واحد ("ميموس تريفاشياتس"،
Mimus trifasciatus)، وإن كل العينات من جزيرة
البمارل تنتمي إلى نوع واحد هو "م. يارفولوس"،
M. parvulus، وكل العينات من جزيرتي "جيمس"
و"تريشاثلم" تنتمي إلى "م. ميلانوتس"، M. melanotis،
(تقع بين هاتين الجزيرتين جزيرتان أخريان تعملان
ك رابطتين لوصلهما).

وإذن فالأمر هكذا، وفي العالم كله. مجموعة حيوانات ونباتات لمنطقة معينة
تكون بالضبط كما ينبغي أن نتوقعه إذا كان الأمر، حسب الاستشهاد بما قاله
داروين عن عصافير الحسون التي تحمل الآن اسمه، هو أنه قد "أخذ نوع واحد
وأحدث فيه تعديل ليصل إلى نهايات مختلفة".

كان مستر لاوسون يعمل نائبا لحاكم جزر جالاباجوس، وقد حير داروين
عندما أخبره بمعلومات عن أن:

السلاحف البرية تختلف في الجزر المختلفة، وأنه هو
نفسه يستطيع على نحو أكيد أن يعرف من أي جزيرة قد أتت

(*) طائر مجرد نارع في محاكاة اصوات الطيور الأخرى. (المترجم).

أى منها. لم ألق انتباها كافيا لهذه الإفادة لبعض الوقت، وكنت من قبل قد خلطت معا جزئيا مجموعات من جزيرتين من الجزر. لم يدرك بخلدى أبدا أن هذه الجزر مأهولة يسكان مختلفين، مع أنها لا تفصل إلا بما يقرب من خمسين أو ستين ميلا، ومعظمها على مرمى البصر إحداها من الأخرى، وتتكون من الصخور نفسها بالضبط، وتقع تحت ظروف مناخية تتماثل إلى حد كبير.

كل السلاحف البرية الماردة في جالاباجوس تتشابه مع نوع معين من السلاحف البرية في البر الرئيسي، اسمه "جيوشيلون تشيلينسيس، *Geochelone chilensis*"، وهو أصغر من أى من هذه الأنواع الأخرى. حدث عند وقت معين أثناء الملايين القليلة التى وجدت فيها هذه الجزر، أن سلحفاة برية واحدة أو سلاحف برية قليلة من سلاحف البر الرئيسي قد سقطت عن غير قصد في البحر وعبرته طافية. كيف أمكنها أن تبقى حية في رحلة العبور هذه بزمانها الطويل وبما فيها من مشقة بالغة لا شك فيها؟ من المؤكد أن معظمها لم يبق حيا. إلا أن إكمال تنفيذ التجربة لا يتطلب إلا اثنتى واحدة لتقوم بها. كما أن السلاحف البرية مجهزة جيدا بما يذهل لأن تبقى حية في هذا العبور.

أخذ صيادو الحيتان الأوائل الآلاف من السلاحف البرية العملاقة من جرر جالاباجوس، أحذوها معهم في سفنهم لتكون طعاما لهم. حتى يظل لحم السلاحف طازجا لا يقتل الصيادون السلاحف إلا عندما يحتاجون لأكلها، ولكنهم لا يطعمونها ولا يزودونها بالماء في فترة الانتظار لذبحها. كانت السلاحف توضع ببساطة مغلوبة على ظهرها، وأحيانا تكس فوق بعضها في طبقات عديدة بحيث لا تستطيع أن تنجو متعددة. وأنا أروى هذه القصة ليس بغرض إفزاز القارئ (وإن كان على

هنا أن أقول أن هذه القسوة الهمجية تفرغنى شخصيا بالفعل)، وإنما أرويه عرض
إيضاح نقطة هامة. السلاحف البرية تستطيع أن تبقى حية لأسابيع دون طعام
أو ماء طازج، ويكون هذا سهلا عليها طيلة زمن طويل طولا يكفى لأن تطفو في
تيار "همبولدت" متجهة من أمريكا الجنوبية إلى أرخبيل جالاباجوس. هكذا فإن
السلاحف البرية تطفو بالفعل.

بعد أن تصل السلاحف البرية إلى أول جزيرة من جزر جالا باحوس
ويتكاثر فيها، فإنها تتمكن بسهولة نسبية - ومرة أخرى بغير تعمد - من أن تتوالت
من جزيرة للآخرى في باقى الأرخبيل حيث المسافات أقصر كثيرا من رحلة
العبور الأولى، وتستخدم في ذلك نفس وسائل رحلتها الأولى. وتقل هذه السلاحف
ما تفعله حيوانات كثيرة عند وصولها إلى إحدى الجزر: فهي تتطور لتصبح أكبر
حجما. هذه الظاهرة من العملاقة في الجزر ظاهرة قد لوحظت من زمن طويل
(وهناك على نحو يثير الريبة ظاهرة التقدم في الجزر^(١)) وهي ظاهرة معروفة جيدا
بنفس الدرجة التى تعرف بها ظاهرة العملاقة في الجزر). عندما تنزع هذه السلاحف
البرية النمط نفسه مثل عصافير الحسون عند داروين، فإنها بهذا ستتطور بحيث
يوجد نوع مختلف فوق كل جزيرة. ثم أنها مع ما يتلو ذلك من انجرافات عارضة
من إحدى الجزر للآخرى، ستكون عاجزة على أن تتناسل فيما بينها (وهذا كما
يتذكر القارئ هو تعريف النوع المنفصل) وستكون حرة في أن تطور طريقة حياة
مختلفة لا تتلوث بأن تغمر وراثيا بجينات أخرى.

(١) يبدو أن القاعدة فوق الجزر هي أن تغزو الحيوانات الكبيرة أصغر حجما (وكمثل كل هناك
أقزام من الفيلة ترتفع بمثل ارتفاع كلب كبير في جزر البحر الأبيض المتوسط مثل صقلية
وكريت) في حين أن الحيوانات الصغيرة تغزو أكبر حجما كما في سلاحف جالاباجوس
البرية. توجد نظريات عديدة عن هذه النزعة للتباعد، إلا أن ذكر تفاصيلها سيأخذنا بعيدا عن
محالنا هنا بأكثر مما ينبغي .

في وسعنا أن نقول بأنه عندما يوجد في الأنواع المختلفة عدم توافق في عادات الحماح وإيثاراته المفضلة، فإن هذا يشكل نوعا من اللبيل الوراثي للانعزال الحرفافي للحرر المنفصلة. على الرغم من أن هذه الأنواع تتدخل جغرافيا، إلا أنها الآن تتعزل فوق "جزر" منفصلة من الخصوصية في الجماع: عصافير الحسون الأرضية الكبيرة والمتوسطة الحجم والصغيرة قد حدث لها أصلا تاعد فوق الجزر المختلفة؛ هذه الأنواع الثلاثة تتعايش الآن معا فوق معظم جزر حالاباجوس، ولكنها لا تتناسل أبدا فيما بينها ويتخصص كل نوع منها في صنف مختلف من بدور التغذية.

تعمل السلاحف البرية بعض شيء يماثل ذلك، فتطور في الحرر المختلفة أشكالاً متميزة من صدقتها. أنواع السلاحف فوق الجزر الأكبر لديها قبة صدفة أعلى. سلاحف الجزر الصغرى لديها صدفة في شكل السرج لها هي مقدمتها نافذة عالية للرأس. يبدو أن سبب ذلك هو أن الجزر الكبيرة مرطبة بالماء بما يكفي لنمو الحشائش، والسلاحف البرية هناك ترعى هذه الحشائش. الجزر الأصغر تكون غالبا حافة بما لا يسمح بنمو الحشائش، وتلجأ للسلاحف البرية هكذا إلى أن ترعى سادات الصبار. وجود الصدفة السرج بناقنتها العالية يتيح لرعية السلحفاة أن تمتد عاليا لتصل إلى الصبار، والصبار بدوره ينمو إلى ارتفاع أعلى في نوع من ساق تسليح تطوري ضد السلاحف التي ترعاه.

قصة السلاحف البرية تضيف إلى نموذج عصافير الحسون الدورية تعقيدا يمضى لأبعد، ذلك أنه بالنسبة لهذه السلاحف تكون البراكين بمثابة جزر داخل الحرر. توفر البراكين واحات خضراء مرتفعة، ورطبة وباردة باعتدال، تحيط بها عند الارتفاعات المنخفضة حقول لافا جافة، تشكل صحارى معادية بالنسبة للسلاحف البرية العملاقة التي تتغذى بالرعى. يوجد في كل جزيرة صغرى بركان

كبير واحد، ونوعها الوحيد (أو نوعها الفرعى) من السلاحف البرية العملاقة (وذلك فيما عدا تلك للجزر القليلة التى لا تحوى مطلقا أى سلاحف،. جزيرة إيزابلا الكبيرة (أو جزيرة "البيمارل" بالنسبة لداروين) تتكون من سلسلة من خمسة براكين رئيسية، وكل بركان منها يحوى النوع (أو النوع الفرعى) الخاص به من السلاحف البرية. إيزابلا هكذا هي حقا أرخبيل من داخل أرخبيل: منظومة من الجزر داخل إحدى الجزر. ومبدأ الجزر بالمعنى الحرفى الجغرافى، الذى يجهز المسرح لتطور الحزر بالمعنى المجازى للوراثى للنوع، هذا المبدأ يتم إثباته عمليا هنا في أرخبيل شباب داروين السعيد، إثباتا رائعا روعة لا مثيل لها أبدا^(١).

لا توجد جزر تصل إلى أن تكون منعزلة بدرجة أكبر كثيرا من جزيرة سانت هيلينا، وهى تتكون من بركان وحيد في جنوب الأطلسنطى، على بعد يقرب من ١٢٠٠ ميلا من ساحل أفريقيا. يوجد في الجزيرة أنواع نباتات متوطنة تقرب من المائة نوع (قد يسميها داروين في شبابه بأنها "مخلوقات محلية أصلا، بينما قد يقول عنها داروين الأكبر سنا أنها قد تطورت هناك). يوجد من ضمن هذه النباتات غابات أشجار تنمى لفصيلة المركبات (daisy).

تشبه هذه الأشجار في عادات سلوكها أشجارا في البر الرئيسى الأفريقى وإن لم تكن على صلة قرابة وثيقة بها. نباتات البر الرئيسى التى لها معها علاقة قرابة "بالعمل" هي أعشاب أو شجيرات صغيرة. لا بد وأن ما حدث هو أن بذورا قليلة للأعشاب أو للشجيرات الصغيرة قد تصادف أنها اجتازت ثغرة الألف ميل من أفريقيا، واستقرت فوق جزيرة سانت هيلينا، ولما كان الموقع البيئى للأشجار

(١) هذه العفوات عن السلاحف البرية العملاقة مستخلصة من مقال كتبته فوق سفينة اسمها "البيجل" (ليست هي سفينة البيجل الحقيقية التى بادت اسماء الحظ من زمن طويل) وكان ذلك في أرخبيل جالاناجوس، وقد نشر المقال في صحيفة "الجارديان" في ١٩ فبراير ٢٠٠٥.

الغابات غير ممثلي هنا فإن البذور قد طورت جنوعا أكبر وأكثر خشبا حتى أصبحت أشجارا على النحو الصحيح. هناك أشجار مماثلة من فصيلة تشبه للمركبات قد تطورت مستقلة في أرخبيل جالاباجوس. هذا نمط متماثل فوق الجزر في العالم كله.



أشجار الغابة في سانت هيلينا

لدى كل بحيرة من البحيرات الأفريقية الكبرى مجموعتها الخاصة الفريدة من الأسماك، وتغلب عليها مجموعة تسمى المجموعة البلطية أو المشطية (cichlid). المجموعة البلطية لبحيرات فكتوريا وتجانينا ومالوي يوجد في كل منها مئات عديدة من الأنواع، كل منها يتميز تميزا كاملا احدها عن الآخر. من الواضح أن هذه الأنواع قد تطورت منفصلة في البحيرات الثلاث، وهذا يجعل من تلاقيها في نفس المدى من "المهن" في البحيرات الثلاث كلها أمرا أكثر من الرائع. يبدو الأمر في كل بحيرة وكأن واحدا أو اثنين من الأنواع المؤسسة قد اتخذت على نحو ما طريقها لداخل البحيرة آتية في المقام الأول من الأنهار. ثم حدث تنوع لهؤلاء المؤسسين في كل بحيرة، ثم حدث لها تنوع مرة أخرى، لتملأ البحيرة

بمئات من الأنواع التي نراها الآن. كيف حدث داخل حدود إحدى البحيرات، أن توصلت الأنواع المتبرعمه إلى الانعزال الجغرافي في البداية، بما يمكنها من ان تفصل متباعدة ؟

عندما قدمت مفهوم الجزر للقارئ، شرحت له أنه من وجهة نظر السمك فإنه يرى أن البحيرة المحاطة بالأرض تكون جزيرة. لعله أقل وضوحاً عن ذلك بدرجة هينة، أن الجزيرة حتى بالمعنى التقليدي كأرض محاطة بالماء، يمكن أن تعد "جزيرة" للسمك، خاصة بالنسبة للسمك الذي يعيش فقط في المياه الضحلة، دعنا نفكر في البحر، حيث يوجد سمك في الشعب المرجانية لا يغامر أبداً بالدخول إلى المياه العميقة. من وجهة نظر هذا السمك، فإن الحافة الضحلة للحريرة المرجانية تعد "جزيرة"، و"الحاجز المرجاني الكبير" يعد أرخبيلاً. بل أن شيئاً مماثلاً قد يحدث حتى في إحدى البحيرات. عندما يوجد بروز صخري في إحدى البحيرات، خاصة إذا كانت بحيرة كبيرة، فإن هذا البروز يمكن أن يكون جزيرة بالنسبة لسمكة تفيدها عادات سلوكها بالبقاء في المياه الضحلة. من المؤكد أن هذه تقريباً هي الطريقة، التي اتبعتها على الأقل بعض المجموعات الباطنية، للتوصل إلى بدء انعزالها في البحيرات الأفريقية الكبرى. معظم أفراد المجموعة يكون وجودها مفصّوراً على المياه الضحلة حول الجزر، أو في الخلجان والخور. يؤدي هذا إلى التوصل إلى الانعزال جزئياً عن مثل هذه الجيوب الأخرى من المياه الضحلة، التي تتصل من آن لآخر بروافد مستعرضة من المياه العميقة تمر فيما بينها لتشكل المراتف المائي "لأرخبيل" يشابه أرخبيل جالاباجوس.

نوجد أدلة قوية (كما مثلاً في عينات قلوب الرواسب) تدل على أن مستوى بحيرة مالواي (التي كانت تسمى بحيرة نياسا عندما قضيت أول أجازاتي كطفل يلهو فوق شواطئها الرملية) هو مستوى يرتفع وينخفض درامياً عبر القرون، وقد

وصل إلى نقطة منخفضة في القرن الثامن عشر تنخفض بأكثر من ١٠٠ متر عن المستوى الحالي. في ذلك الوقت لم تكن الكثير من جزرها جزرا بالمرة، وإنما كانت تلالا فوق الأرض المحيطة بالبحيرة التي كانت وقتذاك أصغر. عندما ارتفع مستوى البحيرة في القرنين التاسع عشر والعشرين، أصبحت التلال جررا، وأصبحت سلاسل التلال أرخبيلات، وبدأت تتطلق عمليات تتوابع بين مجموعات البلطيات التي تعيش في المياه الضحلة، والتي تعرف محليا باسم "مبونا". يكاد يكون لكل نتوء صخري ولكل جزيرة مجموعة فريدة من المبونا، بما لا نهاية له من الأشكال الملونة والأنواع. لما كان الكثير من هذه الجزر والنتوءات الصخرية جافة خلال السنوات الأخيرة ما بين المائتين والثلاث مئات، فإن تأسيس هذه المجموعات قد حدث خلال ذلك الوقت *.

التنوع السريع هكذا هو شيء تبرع فيه إلى أقصى حد أسماك المجموعة البلطية. بحيرة مالاوي وبحيرة تنجانيقا عمرهما كبير، أما بحيرة فيكتوريا فصغيرة السن إلى حد بالغ. تشكل حوض البحيرة منذ حوالي ٤٠٠٠٠٠ سنة لا غير، وقد حف مرات عديدة بعدها، أحدثها منذ ما يقرب من ١٧٠٠ سنة. يبدو أن معنى هذا هو أن مجموعة أسماكه المتوطنة التي يقدر عددها بأربعمائة وخمسين نوعا أو ما يقرب من أسماك البلطيات، هي مجموعة قد تطورت عبر مقياس زمني من القرون، وليس من ملايين السنين، وهي الفترة التي تربط بينها عادة وبين التباعد التطوري بهذا المقياس الكبير. بلطيات بحيرات أفريقيا تثير أعجبنا بقوة بما يمكن أن يفعله التطور في مدى زمني قصير. وهي تكاد تستحق أن تضمنها في فصل هذا الكتاب المعنون "أمام أعيننا مباشرة".

أدغال وغابات أستراليا تغلب عليها أشجار جنس واحد هو "اليوكالبتوس"، *Eucalyptus*، ويوجد منها ما يزيد عن ٧٠٠ نوع، تملأ مدى هائلا من المواقع

البينية. يمكننا مرة أخرى أن نطبق هنا المبدأ المأثور لداروين عن عصافير الحسون: يكاد المرء أن يتخيل أن نوعاً واحداً من أنواع اليوكاليت قد "أخذ وأحدث فيه تعديل ليصل لنهايات مختلفة". بل هناك بما يشبه ذلك مثل هو حتى أكثر شهرة فيما يتعلق بمجموعة الحيوانات الثديية الأسترالية. توجد في أستراليا (أو أنه كان يوجد فيها قبل أن تحدث الانقراضات الحديثة التي ربما يكون سببها هو وصول سكانها المحليين) المرافقات الإيكولوجية للذئب، والقطط، والأرانب، وحيوانات الخلد، والزبابة، والأسود، والسناجب الطائرة وحيوانات كثيرة غيرها. إلا أن هذه المرافقات حيوانات كيسية أو جرابية، تختلف تماماً عن الثدييات المشيمية المألوفة لنا في سائر أنحاء العالم من ذئب، وقطط، وأرانب وحيوانات خلد، وزبابة وأسود وسناجب طائرة. المرافقات الأسترالية تنحدر كلها من أنواع قليلة لا غير من السلف الكيسي أو لعله نوع واحد فقط قد "أخذ وأحدث فيه تعديل ليصل لنهايات مختلفة". هذه المجموعات الحيوانية الكيسية الجميلة قد أنتجت أيضاً كائنات يصعب أن نوجد نظائر لها خارج أستراليا. هناك أنواع كثيرة من الكنغرو تكاد تملأ المواقع البينية الملائمة لأشباه الثدييات (أو لأشباه القرد أو الليمور في حالة كنغرو الأشجار) ولكنها تجوب هنا وهناك بالوثب وليس بالعدو. وللكنغرو مدى حجم يتراوح بدءاً من الكنغرو الأحمر الكبير (بل حتى بدءاً بحيوانات كنغرو أكبر حجماً قد انقرضت بما في ذلك كنغرو لاجم متواثب مخيف) ووصولاً إلى الكنغرو الصغير الحجم من نوع اللوب وكنغرو الشجر. كذلك كان هناك الكيسيات العملاقة في حجم وحيد القرن، الديبروتودونات، نوات القواطع الثنائية في الفك الأسفل (Diprotodonts)، ولها صلة قرابة بحيوانات الومبات الحديثة (wombats) ولكن طولها يبلغ ٣ ياردات وارتفاعها عند الكتف يبلغ ٦ أقدام، ووزنها يصل إلى طنين اثنين. سوف أعود إلى كيسيات أستراليا في الفصل القادم.

لعله مما يثير سخرية بالغة أن أذكر الأمر التالي، ولكنى أخشى أن على أن أفعل ذلك بسبب تلك النسبة من السكان الأمريكيين التي تزيد عن الأربعين في المائة والتي أبدت رثائى لها في الفصل الأول، فأفرادها يتقبلون الكتاب المقدس بالمعنى الحرفى لما فيه، وأنا أقول لهم: هيا فكروا فيما ينبغى أن يبدو عليه التوزيع الجغرافى للحيوانات لو أنها كانت قد توزعت كلها من فلك نوح. أفلا ينبغى أن يكون هناك عندها بعض نوع من تطبيق لقانون انخفاض تباين الأنواع كلما اتجهنا بعيدا عن بؤرة الحدث - وربما تكون هذه البؤرة هي جبل أرات ؟ لا حاجة لى بأن أذكر للقارئ أن هذا ليس ما نراه.

ماذا سيكون السبب في أن كل هذه الكيسيات - التي يتراوح مداها بدءا من الفئران ذات الأكياس الضئيلة الحجم، ومرورا بحيوانات الكوالا والبلى^(*)، (bilby)، ووصولاً إلى الحيوانات العملاقة من الكنغرو والديروتودونات - ما السبب في أن هذه الكيسيات قد هاجرت كلها في جمع واحد من جبل أرات إلى أستراليا، ولم تفعل ذلك مطلقاً أى من المشيميات ؟ أى طريق اتخذته هذه الكيسيات ؟ ولماذا لم يحدث ولا لعضو واحد من قافلتها المنتشرة أن يتوقف في طريقه ليستقر ربما في الهند أو الصين أو بعض ملاذ في طريق الحرير الكبير؟ ما السبب في أن كل رتبة الدردوات (كل الأنواع العشرين من حيوان الأرماديللو المدرع، بما في ذلك الأرماديللو المارد المنقرض، وكل الأنواع الستة من حيوان الكسلان، بما في ذلك حيوانات الكسلان الماردة المنقرضة، وكل الأنواع الأربعة من أكل النمل) كل حيوانات رتبة الدردوات هذه قد مضت محتشدة إلى أمريكا الجنوبية دون أن تخطئ هدفها، دون أن تترك أى مخلفات وراءها، فلا أثر لجلد أو شعر

(*) البلى: نوع من القوارض المحلية بأستراليا ويعنى هذا الاسم بلغة السكان المحليين الحرد طويل الأنف. (المترجم)

أو رقاقة من درع أو أى أثر لمن استقروا في بعض مكان بطول الطريق ؟ لماذا انضمت لها كل الرتبة التحتية من قوارض "الكافيومورف، Caviomorph"، بما في ذلك خنازير غينيا، وقوارض الأغوطى والباكه، والأرانب البرية الضخمة، وخنزير الماء، والشنشلا وحيوانات كثيرة غيرها، مجموعة كبيرة من القوارض التى تتميز بها أمريكا الجنوبية، ولا توجد في أى مكان آخر ؟ ما هو السبب في أن رتبة فرعية من القروود "البلاتيرين" ذات الأنوف العريضة (Platyrrhine) كلها بأسرها توجد في أمريكا الجنوبية وليس في أى مكان آخر؟ أما كان ينبغي لعدد صغير منها على الأقل أن ينضم لباقي القروود "الكاتارين" ذات الحاجز الضيق بين المنحرفين Catarrhines في آسيا وأفريقيا ؟ أما كان ينبغي أن نوعا واحدا على الأقل من قروود الكاتارين ذات الحاجز الأنفى الضيق سيجد نفسه في العالم الجديد مع قروود البلاتيرين العريضة الأنف؟ لماذا حدث لكل طيور البطريق أن اتخذت طريقها الطويل بمشيئها المتهادية متجهة إلى الأنتركيتا قارة القطب الجنوبي ولم يتخذ طائر واحد منها طريقه إلى القطب الشمالى الذى لن يقل حفاوة عن الجنوبى؟

حدث أن وجد أحد للحيوانات السلف من الليمور نفسه في مدغشقر، ومرة أخرى فمن الممكن جدا أنه كان من نوع وحيد لا غير. أما الآن فيوجد سبعة وثلاثون نوعا من الليمور (يضاف لها بعض أنواع منقرضة). يتراوح حجم هذه الحيوانات ما بين الليمور القار القزم الأصغر في حجمه من الهامستر، والليمور العملاق الأكبر حجما من الغوريلا، والذي يشبه الدب، وقد راح منقرضا من زمن حديث تماما. وكل حيوانات الليمور هذه لآخر واحد منها توجد في مدغشقر. لا توجد حيوانات ليمور في أى مكان آخر من العالم، ولا يوجد في مدغشقر أى قروود. ما هي بحق السماء الطريقة التى يعتقد الأربعون في المائة من منكرى التاريخ أنها وصلت بالأمور إلى أن تكون بهذا الوضع ؟ هل حدث أن كل السبعة والثلاثين نوعا أو الأكثر من أنواع الليمور قد سارت محتشدة في كيان واحد لتعبر

هابطة اللوح الحشبي للنزول من فلك نوح مولية الأدبار (بالمعنى الحرفي في حالة ليمور الذيل الحلقي)^(*)، وهي تتطلق سريعا إلى مدغشقر، دون أن تترك أثرا وحيدا على جانب الطريق، في أى مكان خلال كل طول وعرض أفريقيا ؟

مرة أخرى، يؤسفنى أن أهوى عنيقا بمطرقتي فوق ثمرة جوز صغيرة وهشة هكذا، إلا أنه يلزم على أن أفعل ذلك لأن هناك ما يزيد عن نسبة أربعين في المائة من الشعب الأمريكى يؤمنون حرقيا بحكاية فلك نوح. كان ينبغي أن نتجاهلهم وأن نواصل طريقنا مع العلم، إلا أننا لا يمكننا أن نتحمل ما يكلفه ذلك، لأن هؤلاء أناس يتحكمون في مجالس المدارس، وهم يدرسون في البيت لأطفالهم ليحرموهم من التواصل مع مدرسى العلم الصحيح، وهم يتضمنون الكثيرين من أعضاء الكونجرس في الولايات المتحدة، وبعض حكام الولايات، بل حتى المرشحين لمنصب الرئيس ونائب الرئيس. هؤلاء لديهم المال والسلطة لنناء المعاهد والجامعات، بل حتى بناء المتاحف حيث يمتطي الأطفال نماذج ميكانيكية لديناصورات بالحجم الحى، ويقال للأطفال بوقار أن هذه الديناصورات كانت تشارك البشر في الوجود. وكما نيين استطلاعات الرأى الحديثة، فإن بريطانيا لا تبتعد كثيرا عن هذه المعتقدات (أو لعله ينبغي أن يفهم هذا على أن بريطانيا تتقدم أمريكا في ذلك)، هي وأجزاء أخرى من أوروبا ومعظم العالم الإسلامى.

حتى إذا تركنا جانبا جبل أرات، وحتى إذا أحجمنا عن السحرية ممن يأخذون أسطورة فلك نوح بالمعنى الحرفي، ستظهر مع ذلك مشاكل مماثلة تنطبق على أى نظرية عن خلق الأنواع منفصلة. أى سبب ذلك الذى يؤدى إلى تصميم الأنواع بحرص مزروعة فوق الجزر والقارات بذلك النمط المضبوط الملائم الذى يطرح بما لا يقاوم أن هذه الأنواع قد تطورت وانتشرت من مكان تطورها " لماذا

(*) ليمور بتمير بذيل طويل تتابع عليه حلقات سوداء وبيضاء. (المترحد)

يكون مكان الليمور في مدغشقر وليس في أى مكان آخر ؟ لماذا يكون مكان
 الفهود البلاتينية ذات الأنوف العريضة في أمريكا الجنوبية وحدها، والفهود
 الكاتارينية ذات الحاجز الأنفى الضيق في أفريقيا وآسيا فقط ؟ لماذا لا توجد ثدييات
 في نيوزيلندا سوى الطوايط التى تستطيع الطيران هناك ؟ لماذا يحدث للحيوانات
 الموجودة في سلسلة جزر أنها تشبه وثيقا الحيوانات فوق الجزر المجاورة، ولماذا
 يحدث دائما تقريبا أنها تشبه بدرجة أقل - وإن كان الشبه لا يمكن إخطاؤه - تلك
 الحيوانات التى توجد فوق أقرب قارة أو جزيرة كبيرة ؟ لماذا توجد في أستراليا
 الثدييات الكيسية فقط، ومرة أخرى فيما عدا الطوايط التى تستطيع الطيران هناك،
 وتلك الثدييات التى يمكن أن تصل في قوارب الكانو المصنوعة بشريا ؟ الحقيقة
 هي أننا إذا مسحنا كل قارة وكل جزيرة، وكل بحيرة وكل نهر، وكل قمة جبل وكل
 واد في السفوح، وكل غابة وكل صحراء، فإن الطريقة الوحيدة لفهم معنى توزيع
 الحيوانات والنباتات، هي مرة أخرى أن نتبع بصيرة داروين في مبدئه عن
 عصافير الدورية في جالاباجوس: "قد يتخيل المرء حقا أنه من بين قلة من
 العصافير الأصلية... أخذ نوع واحد منها وأحدث فيه تعديل ليصل إلى نهايات
 مختلفة".

كان داروين مفتونا بهذه الجزر وظل يسعى طولا وعرضا في عدد قليل
 منها وإن كان عددا له قدره، وذلك أثناء رحلته بسفينة البيجل. بل أنه حتى استتب
 الحقيقة المذهلة عن الطريقة التى تتشكل بها جزر من فئة رئيسية، تلك الجزر التى
 تنبنيها حيوانات تسمى المرجانية. توصل داروين لاحقا إلى إدراك الأهمية الحاسمة
 للجزر والأرخبيلات فيما يتعلق بنظريته، وأجرى تجارب عديدة لحسم الاجابات
 عن الأسئلة حول الانعزال الجغرافى كتمهيد للتنوع (وإن كان لم يستخدم هذه
 الكلمة). وكمثل فإنه في عدد من التجارب أبقى بذورا في مياه البحر لفترات
 طويلة، وأثبت عمليا أن البعض منها احتفظ بالقدرة على الإنبات حتى بعد أن

غُمرت لزمان طويل يكفى للانجراف من القارات إلى الجزر المجاورة. ومن الناحية الأخرى فإن بيض الضفادع يموت فوراً بماء البحر، واستخدم داروين ذلك بمهارة ليفسر حقيقة دالة بشأن التوزيع الجغرافى للضفادع:

فيما يتعلق بغياب رتب حيوانية بأكملها في جزر المحيط، لاحظ بورى سانت فنسنت من زمن طويل أن الضفدعيات (Batrachians) (الضفدع، والعلاجوم ضفدع الطين، وسمندل الماء) لا توجد أبداً فوق أى من الجزر الكثيرة المبعثرة في المحيطات الكبرى. قد بذلت جهداً للتحقق من هذه الدعوى ووجدتها حقيقة بكل دقة. على أن هناك من أكد لى أنه هناك ضفدعة توجد فوق جبال الجزيرة الكبرى المسماة، نيوزيلندا، على أنى أظن أن هذا الاستثناء (إذا كانت المعلومات صحيحة) يمكن تفسيره عن طريق عامل جليدى. غياب الضفدع والعلاجوم وسمندل الماء غياباً شاملاً هكذا من الكثير من الجزر المحيطة أمر لا يمكن تفسيره بظروفها الفيزيائية، بل يبدو في الحقيقة أن الجزر تلائم هذه الحيوانات بوجه خاص؛ ذلك أن الضفادع أدخلت إلى جزر ماديرا، والأزور، وموريشيوس، وتكاثرت تكاثراً بالغاً حتى أصبحت مصدر إزعاج. على أن هذه الحيوانات هي وبيضها معروف عنها أنها تموت مباشرة بماء البحر، وبهذا ففي رأى الشخصى أننا نستطيع أن ندرك أنه ستكون هناك صعوبة هائلة في تنقلها عبر البحر، وبالتالي فإن هذا هو السبب في أنها لا توجد على أى جزيرة محيطية. على أنه سيكون من

الصعب جدا حسب نظرية سفر التكوين أن نعرف السبب في أنها فيما ينبغي لم يتم تكوينها هناك.

كان داروين يعي تماما أهمية التوزيع الجغرافي للأنواع بالنسبة لنظريته عن التطور. لاحظ داروين أن معظم الحقائق يمكن تفسيرها إذا افترضنا أن الحيوانات والنباتات قد حدث لها تطور. ينبغي أن نتوقع من ذلك - وهذا هو ما نحذه فعلا - أن الحيوانات الحديثة تنحى إلى أن تكون قد عاشت فوق القارة نفسها كحفريات يمكن على نحو معقول أن تكون أسلاف الحيوانات الحديثة، أو على صلة قريبة بأسلافها. كذلك ينبغي أن نتوقع - وهو ما نجده فعلا - أن الحيوانات تتشارك في القارة نفسها مع أنواع تشبهها. هاكم ما قاله داروين عن هذا الموضوع، وهو يلقي انتباها خاصا لحیوانات أمريكا الجنوبية التي كان يعرفها جيدا.

عندما يسافر عالم التاريخ الطبيعي متجها مثلا من الشمال إلى الجنوب فإنه لا يمكن أن يفوته أن ينتبه مذهولا للأسلوب الذي يحدث به أن تحل مجموعات متتالية من الكائنات إحداها مكان الأخرى، وهي مجموعات متميزة بوجه خاص، وإن كان من الواضح أن بينها علاقة قرابة. سوف يسمع هذا العالم من صنوف الطيور التي ترتبط معا ارتباطا وثيقا وإن كانت صنوفا متميزة، سوف يسمع منها نغمات صوتية تكاد تتماثل، ويرى أن لها أعشاش بنيت على نحو متشابه، وإن لم تتماثل تماما، وبيضها له ألوان تكاد تكون متماثلة. يسكن في السهول القريبة من مضيق ماجلان نوع واحد من "الرية، rhea"، (نعام أمريكي)، بينما يسكن في اتجاه الشمال في سهول لابلاتا نوع آخر من الجنس

نفسه؛ ولا يسكن في أى من هذه السهول نعام حقيقى أو نعام "الإمو، emeu" أى مثل النعام الذى يوجد في أفريقيا وأستراليا عند نفس خط العرض. ونحن نرى في نفس سهول لابلاتا حيوانات الأغوطى (agouti) والفسكاش (bizcacha) التى لها العادات نفسها مثل عادات مالدينا من الأرانب البرية... إلا أنها تظهر بوضوح نمط بنية أمريكية. عندما نصعد إلى القمم العالية في "كورديليرا" نجد نوعا جلييا من الفسكاش؛ إذا نظرنا إلى المياه لا نجد أى حيوان فئدس أو جرد المسك، وإنما نجد حيوان الكيب (coypu) وخنزير الماء (capybara)، قوارض من النمط الأمريكى.

هذا في أغلبه إعمال للحس المشترك، وداروين هكذا قد استطاع تفسير نطاق هائل من الملاحظات بواسطة الحس المشترك. إلا أن هناك حقائق معينة حول التوزيع الجغرافى للحيوانات والنباتات وحول توزيع الصخور، تحتاج إلى تفسير من نوع مختلف: تفسير بعيد تماما عن أى حس مشترك، وكان سيؤدى إلى أن يُذهل داروين ويسحره لو أنه عرف بأمره فحسب.

هل تتحرك الأرض ؟

كان كل الناس في زمن داروين يعتقدون أن خريطة العالم هي إلى حد كبير ثابتة. كان بعض معاصرى داروين يقرون بالفعل بإمكان وجود جسور أرضية فيما مضى قد غُمرت الآن تحت المياه، وذلك حتى يفسروا مثلا ما يوجد من أوجه تماثل في الحياة النباتية بأمريكا الجنوبية وأفريقيا. لم يكن داروين نفسه مغرما إلى حد كبير بفكرة الجسر الأرضى، ولكنه بلا شك كان سيتهج بالأدلة الحديثة على أن

القارات بأكملها تتحرك فوق وجه كوكب الأرض. هذا يوفر إلى حد بعيد أفضل تفسير لحقائق معينة رئيسية عن توزيع الحيوانات والنباتات، خاصة بالنسبة للحفريات. وكمثل لذلك فإن هناك أوجه تماثل بين حفريات أمريكا الجنوبية وأفريقيا، وقارة القطب الجنوبي، ومدغشقر، والهند وأستراليا، ونحن نفسرنا الآن بالرحوع إلى قارة جوندوانا الجنوبية للعظمى التي كانت ذات وقت توحد كل هذه الأراضي الحديثة. مرة أخرى فإن محقق الشرطة الذي يأتي متأخرا يكون مرغما على استنتاج أن التطور حقيقة.

أول من نادى بنظرية "الانجراف القاري"، كما كانت تسمى عادة، هو عالم المناخ الألماني ألفريد فيجنر (١٨٨٠ - ١٩٣٠). لم يكن فيجنر أول من نظر إلى خريطة للعالم ليلاحظ أن شكل إحدى القارات أو الجزر كثيرا ما يتوافق مع خط الساحل المقابل لها وكأن هاتين الكتلتين من الأرض قطعتان من لعز الصور المتشاكّة، حتى وإن كان خط الساحل المقابل بعيدا تماما. لست أتحدث هنا عن أمثلة صغيرة محلية، مثل جزيرة وايت وتعشق خطوطها الخارجية تعشقا محكما مع ساحل هامبشير، وكأنما لا يكاد يكون هناك وجود لمضيق "سوانت" هاك. إنما ما لاحظته فيجنر ومن سبقوه هو أن هناك شيئا ما من هذا النوع نفسه يبدو أنه حقيقى فيما يتعلق بكل الجوانب للمتولجة بين قارات أفريقيا وأمريكا الماردة. يبدو الساحل البرازيلي وكأنه قد قصّه خياط ليتلاءم مع بروز غرب أفريقيا، بينما الجزء الشمالى من بروز أفريقيا يتلاءم جيدا مع ساحل أمريكا الشمالية من فلوريدا حتى كندا. لا يقتصر الأمر على توافق الأشكال بطريقة تقريبية: فقد أوضح فيجنر وجود توافق أيضا في التكوينات الجيولوجية أعلى وأسفل الجانب الشرقى من أمريكا الجنوبية مع الأجزاء المناظرة من الجانب الغربى لأفريقيا. هناك ما هو أقل وصوحا بدرجة هينة، وهو أن الساحل الغربى لمدغشقر يشكل تلاؤما جيدا مع الساحل الشرقى لأفريقيا (ليس مع الجزء الجنوبى من الساحل الأفريقى الذى يقع الآن إراء مدغشقر، وإنما مع ساحل تنزانيا وكينيا الأبعد شمالا)، بينما الجزء

الطويل المستقيم من الجانب الشرقى لمدغشقر يشابه مع الحرف المستقيم لغرب الهند. أوضح فيجنر أيضا أن الحفريات القديمة التى عثر عليها في أفريقيا وأمريكا الجنوبية تتشابه بدرجة أكبر من المتوقع لو كانت خريطة العالم قد ظلت دائما بما هي عليه الآن. كيف أمكن أن يحدث ذلك، مع اعتبار الاتساع الكبير لجنوب المحيط الأطلسي ؟ هل كانت القارتان ذات مرة أكثر قربا إحداهما للأخرى، أو هل كانتا حتى متحدتين ؟ هذه فكرة مغوية، ولكنها تعد وقتذاك سابقة لزمانها. لاحظ فيجنر أيضا وحود تماثل بين حفريات مدغشقر والهند. كما يوجد ما يشابه ذلك من تماثلات دالة بين حفريات شمال أمريكا الشمالية وحفريات أوروبا.

أدت هذه الملاحظات إلى أن يطرح فيجنر فرضا جريئا فيه هرطقة، هو الانجراف القارى. فطرح أن كل قارات العالم الكبرى كانت مندمجة معا في قارة فائقة الضخامة سماها "بانجى"، (Pangaea) . كما طرح أن بانجى عبر زمن جيولوجى هائل قد فكتك أوصالها هي نفسها لتشكل القارات التى نعرفها الآن، وانجرفت هذه القارات ببطء إلى مواقعها الحالية ولم تنته بعد من الانجراف هكذا.

يكاد المرء يسمع صوت معاصرى فيجنر المتشككين، وهم يتساءلون عما إذا كان فيجنر قد دخن شيئا من مخدر، إذا استخدمنا لغة الشارع حاليا. على أننا نعرف الآن أنه كان على صواب، أو أنه يكاد يكون مصيبا. على الرغم مما كان عليه فيجنر من بعد نظر وقدرة على التخيل، إلا أنني يجب أن أوضح أن فرضه عن الانجراف القارى يختلف اختلافا له قدره عن نظريتنا الحديثة عن تكتونيات الألواح. كان فيجنر يعتقد أن القارات تشق طريقها عبر المحيطات وكأنها سفن ماردة، وهى لا تطفو تماما في المياه مثل جزيرة "بوسينيل" المجوفة لدى دكتور دولتيل^(*)، وإنما تطفو فوق طبقة اللوشاح نصف المسائلة لكوكب الأرض. أقام العلماء الآخرون قلاعا كلها تشكيك في ذلك، ولها أسبابها المعقولة بما يكفى.

(*) د. دولتيل: شخصية روائية لطبيب بيطرى يفهم لغة الحيوانات ويتبادل الحديث معها. (المترجم)

ما هي تلك القوى الجبارة التي تستطيع أن تدفع جرما في حجم أمريكا الجنوبية
أو أفريقيا لمسافة من آلاف الأميال ؟ سوف أشرح كيف تختلف للنظرية الحديثة
لتكتونيات الألواح عن نظرية فيجنر قبل الوصول إلى الأدلة الداعمة لها.

رسم كارتونى يستلهم نظرية

فيجنر عن "الانجراف القارى"



حسب نظرية تكتونيات الألواح فإن سطح كوكب الأرض كله، بما في ذلك قيعان المحيطات المختلفة، يتكون من سلسلة من الألواح صخرية متراكبة مثل حلة مدرعة. القارات التي نراها هي تكتيفات للألواح ترتفع فوق مستوى سطح البحر. الجزء الأكبر من كل لوح يقع تحت البحر. الألواح بخلاف قارات فيجنر لا تبحر خلال البحر، أو لا تشق طريقها خلال سطح كوكب الأرض، وإنما "هي" سطح كوكب الأرض. دعنا لا نعتقد مثل فيجنر أن القارات نفسها تتشابك معا مثل قطع لغز الصور المتشابهة لو أنها تُشد منفصلة إحداها عن الأخرى، ليس الأمر هكذا. دعنا نفكر بدلا من ذلك في أن أحد الألواح يتواصل إنتاجه مستمرا عند طرف يتنامى، في عملية رائعة تسمى انتشار قاع البحر، سوف أشرحها بعد لحظة. اللوح عند أطراف أخرى قد يكون "مسحوبا لأسفل" تحت لوح مجاور. أو أن الألواح المتجاورة قد تتزلق أحدها بطول الآخر. الصورة في الصفحة الملونة ١٠٠ تظهر جزءا من "صدع سان أندرياس" في كاليفورنيا، وهو المكان الذي تمر فيه أطراف لوحى الباسفيك وشمال أمريكا وأحدهما يجز في الآخر. مجموع تأثير انتشار قاع البحر مع السحب لأسفل يعنى أنه لا توجد ثغرات بين الألواح. سطح الكوكب كله يغطى بالألواح، وكل منها يخفى نمطيا بالسحب عند أحد جوانبه أسفل لوح مجاور، أو بالانزلاق عبر لوح آخر، أثناء تناميهِ خارجا من منطقة لانتشار قاع البحر في مكان آخر.

إنه لما يثير الإلهام أن نفكر في وادى الأخدود الهائل الذى لا بد وأنه ذات يوم قد شق طريقه ملتويا كالثعبان خلال قارة جوندوانا بين ما سيكون في المستقبل أفريقيا وأمريكا الجنوبية. لا شك أنه كان أولا مرقطا ببحيرات مثل ما هو موجود حاليا في وادى الصدع بشرق أفريقيا. ثم إنه امتلأ لاحقا بماء البحر بينما أمريكا الجنوبية تُجر بعيدا مع معاناة آلام تكتونية مبرحة لانتزاعها بقوة. دعنا نتحيل المنظر الذى يلاقى مرحبا بعض إنسان خرافى قوى ودينوصورى وهو يحملق عبر

المضايق الطويلة الضيقة التي تتباعد ببطء عند "غرب جوندوانا". كان فيجير مصيبا في أن تكامل الأشكال مثل قطع لغز للصور المتشابهة لم يكن مصادفة. ولكنه أخطأ في اعتقاده بأن القارات تشبه أطواف هائلة تشق طريقها خلال ما بينها من ثغرات مليئة بالبحار. أمريكا الجنوبية وأفريقيا هما ورفهما الفارى، ليسا إلا مناطق متكثفة من لوحين، يقع الكثير من أسطحهما الصخرية تحت البحر. الألواح تشكل الغلاف الحجرى للصلب^(*) lithosphere - وتعنى هذه الكلمة حرفيا غلاف الصخر - الذى يطفو فوق الغلاف الانسيابى^(**) الساخن نصف المصهور - الغلاف الضعيف. الغلاف الانسيابى ضعيف بمعنى أنه ليس صلبا وهشا مثل الألواح الصحيرية للغلاف الحجرى، وإنما هو يسلك بما يشبه للسائل إلى حد ما: فهو مطواع مثل المعجون أو حلوى الطوفى، وإن لم يكن بالضرورة مصهورا. لعله مما يثير سينا من البلبلة أن هذا التمييز بين غلافين دائريين بمركز موحد لا يطابق بالكامل للتمييز المؤلف بأكثر بين "القشرة" و"الوشاح"، الذى ينأسس على التكوين الكيميائى وليس على القوة الفيزيائية.

معظم الألواح تتكون من نوعين متميزين من الصخر للحجرى الصلب. فيعان المحيطات مغطاه بطبقة متسقة تقريبا من صخر نارى كثيف جدا، سمكها يقرب من ١٠ كيلومترات. طبقة الصخر النارى هذه تعلوها طبقة سطحية من الصخر الرسوبى والطين. مرة أخرى، فإن القارة هي مساحة من لوح أصبحت مرئية فوق مستوى سطح البحر، وقد علت إلى هذا الارتفاع حيث يزداد اللوح سمكا بطبقات إضافية من صخر أقل كثافة. أجزاء الألواح تحت البحر يتم تكوينها باستمرار عند حوافها - الحافة الشرقية في حالة لوح أمريكا الجنوبية، والحافة

(*) الغلاف الحجرى: القشرة الأرضية. (المترجم)

(**) الغلاف الانسيابى الجزء التالى للقشرة الأرضية. (المترجم)

الغربية في حالة اللوح الأفريقي، هاتان الحافتان تشكلان الحيد الأطلسي الأوسط الذى يتلوى كالثعبان وهو يشق طريقه في منتصف الاطلسي بدءا من أيسلندا حتى أقصى الجنوب، وأيسلندا هي حقا للجزء المهم للوحيد من الحيد الذى يصل إلى السطح.

هناك حيود مشابهة تحت البحر تبرز من ألواح أخرى في أجزاء أخرى من العالم (انظر الصفحات الملونة ١٠١). للحيود الموجودة تحت البحر تعمل وكأنها نوافير تمتد طويلا (حسب المقياس الزمنى الجيولوجى البطيء)، وتتبحس لتعلو بالصخر المصهور في العملية التى ذكرتها من قبل والتى تسمى نشر قاع البحر. يبدو أن حيد نشر قاع البحر في وسط الأطلنطى يدفع باللوح الأفريقي شرقا، ويدفع بلوح أمريكا الجنوبية غربا. طرح لذلك تشبيه بصورة مكتبين لهما غطاءان مرنان منرلقار ينتشران في اتجاهين متباعدين، وهى صورة تنقل الفكرة بشرط أن نتذكر أن هذا كله يحدث بمقياس زمنى بالغ البطء، أبداً من أن يراه البشر. بل في الحقيقة نشته دائما سرعة تباعد أمريكا الجنوبية وأفريقيا تشبيها لا ينسى - سرعة نمو أظافر اليد، وهو تشبيه استمر لا ينسى دائما حتى كاد يصبح كليشيهام منذلا. حقيقة وجود القارتين حاليا متباعدتين بمسافة من آلاف الأميال، فيها شهادة إصافية لعمر الكون الهائل الذى يتتافى مع عمره الإنجيلى، وهى شهادة تماثل الأدلة المستفاة من النشاط الإشعاعى التى قابلناها في الفصل الرابع.

استخدمت الآن في التو عبارة "يبدو أن الحيد يدفع" وينبغى أن أسارع إلى التراجع عن ذلك. إنه لمن المغزى أن نفكر في المكاتب بأعطيها المنزلقة التى تتبحس من العمق للسطح، على أنها تدفع من الخلف ألواح القارات الخاصة بكل منها. إلا أن هذا غير واقعى، والقياس كله خطأ. الألواح التكتونية أصحم كثيرا حدا من أن تدفع من الخلف بقوى بركانية تتبحس بطول حيد وسط المحيط. لعل ذلك

يشه أن يحاول فرخ ضفدع أثناء سباحته أن يدفع ناقلة بترول ضخمة. إلا أننا الآن نصل إلى النقطة المهمة. الغلاف الانسيابي أو الضعيف، بمدى قدراته كشبه سائل، فيه تيارات حمل تمتد خلال كل سطحه، تحت كل مسافة الألواح. الغلاف الانسيابي في أى منطقة واحدة يتحرك بطيئاً في اتجاه متسق، ثم يلتف ليعود في الاتجاه المصاد هابطاً إلى طبقاته الأعمق. للطبقة العليا من الغلاف الانسيابي، تحت لوح أمريكا الجنوبية مثلاً، تتحرك بإصرار في اتجاه الغرب. وإذا كان لا يمكن تصور أن انبجاس "أغشية المكاتب" المنزلة لها القوة الكافية لأن تدفع أمامها لوح أمريكا الجنوبية كله، إلا أنه من الممكن تماماً تصور أن تياراً للحمل يشق ببطء طريقه مطرداً في اتجاه متسق "تحت كل السطح السفلى" لأحد الألواح، يستطيع بذلك أن يحمل معه كل عبء قاربه "الطافى". نحن الآن هكذا لا نتحدث عن أفراخ الضفادع. عندما تكون هناك حاملة بترول ضخمة في تيار هيبولدت^١ وقد أوقفت محركاتها، سيحدث حقاً أنها ستسير مع التيار.

هذه بايجاز النظرية الحديثة عن الألواح التكتونية. على الآن أن أعود إلى الأدلة التي تثبت أنها نظرية صادقة. الواقع أننا هنا، كما هو طبيعي في حالة كل الحقائق العلمية الراسخة^(١)، نجد أن هناك الكثير من الأنواع المختلفة من الأدلة، ولكنى سأحدث فقط عن أكثرها أهمية وروعة. سأحدث عن الدليل المستقى من عصور الصخور، خاصة ما يستقى مما فيها من شرائط مغناطيسية. الأمر هنا رائع بما لا يكاد يُصدق، وفيه توضيح أمثل يطابق قصتي عن "محقق الشرطة الذي يصل متأخراً لمشهد الجريمة" ويجد ما يدفعه بإصرار إلى الوصول لاستنتاج واحد

(١) كما هو الحال فيما يتعلق "بالنظرية" الحديثة عن التطور، فإنها من الحقائق الراسخة بالمعنى الطبيعي لكلمة النظرية في أول تعريفات قاموس أكسفورد للإنجليزية الذي استشهدت به في الفصل الأول، وأعدت تسميته بالمترهنة.

فقط. بل لدينا حتى هنا بعض شيء مماثل جدا لبصمات الأصابع: إنه البصمات المغناطيسية الماردة التي توجد في الصخور.

سوف نصابح المحقق المجازي في رحلة عبر جنوب الأطلنطي في غواصة بنيت حسب الطلب ولها القدرة على تحمل الضغوط الرهيبة في أعماق البحر. جُهزت للغواصة لاستخدام مثقاب للحصول على عينات من الصخر ابتداء من الرواسب السطحية لقاع البحر، ونزولا إلى الصخور البركانية للغلاف الانسيابي نفسه، كما أن الغواصة فيها أيضا معمل فوق متنها لتأريخ عينات الصخر عن طريق القياس الإشعاعي (انظر الفصل الرابع). يضع المحقق خط سير يتجه شرقا من ميناء "ماسيو" البرازيلي عند خط عرض جنوب خط الاستواء بعشر درجات. بعد أن تقطع خمسين كيلومترا أو ما يقرب خلال المياه الضحلة للرف القاري (الذي يعد حسب هدفنا حاليا جزءا من أمريكا الجنوبية)، فإننا نُنزل أبواب الحماية من الضغط العالي ونأخذ في الغطس (بألها من كلمة فيها تحفظ في التعبير!)، فنغطس للأعماق في أسفل حيث الضوء الوحيد الذي يمكن رؤيته طبيعيا هو لشرارة عارضة تَبْرُق مخضرة وهي تتبعث من الوحوش البشعة التي تسكن في هذا العالم العريب عنا.

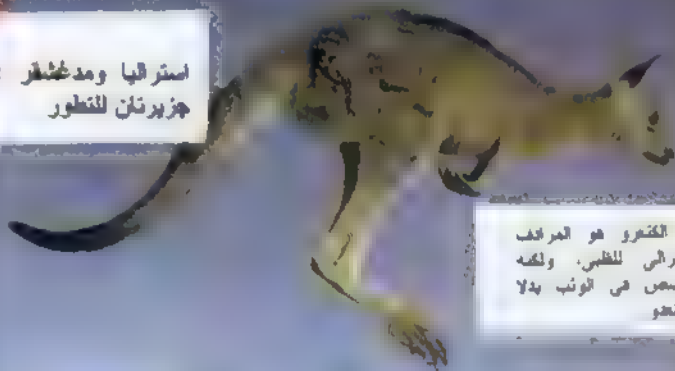
عندما نصل إلى القاع عند ما يقرب من ٢٠٠٠٠ قدم (بعمق ٣٠٠٠ قامة^(*)) سوف نحفر لأسفل بالمثقاب حتى الغلاف الحجري البركاني ونأخذ عينة قلب من الصخر. ينطلق معمل التأريخ بالإشعاع على متن الغواصة في عمله، ويسجل عصرا طباشيريا سفليا، منذ ما يقرب من ١٤٠ مليون سنة. تتحرك الغواصة بصعوبة تجاه الشرق بطول الخط الموازي العاشر، مع أخذ عينات من الصخر على فترات متكررة. يقاس عمر كل عينة بحرص، ويتأمل المحقق في

(*) العامة مقياس لعمق الماء يساوي ٦ أقدام. (المترجم)

التأريخات، باحثا عن وجود نمط من الأنماط. لن يكون عليه أن يبحث طويلا، هذا أمر لا يفوت أحدا ولا حتى د. واطسون^(*). بينما نسافر شرقا بطول السهول العظمى لقاع البحر، نجد أن الصخور تتجه بوضوح إلى أن تكون أصغر وأصغر عمرا، ويزداد صغر عمرها باطراد. عندما نصل إلى ما يقرب من ٧٣٠ كيلو مترا في رحلتنا، نجد أن عينات الصخر تنتمي لأواخر العصر الطباشيري بما يقرب من عمر من ٦٥ مليون سنة، وهذا وقت يتفق أنه حدث عنده انقراض آخر الديناصورات. تستمر للنزعة نحو صخور أصغر وأصغر سنا، بينما نقترّب من وسط الأطلسي، وتبدأ الأضواء للكاشفة للغواصة في تبين سفوح سلسلة جبال عملاقة تحت الماء. هذا هو حيد الأطلنطي الأوسط (انظر الصفحة الملونة ١٠١) وهو ما يجب أن تبدأ الآن غواصتنا في تسلقه. نظل نزحف لأعلى ولأعلى، ونحس ما رلنا نأخذ عينات صخر، ولا زلنا نلاحظ أن الصخور تغدو أصغر وأصغر سنا. مع وصولنا إلى قمم الحديد، تكون الصخور بالغة الصغر في عمرها حتى أنها ربما تكون قد انبجست من البراكين في التو لا غير كلافًا طازجة. هذا في الحقيقة هو ما حدث إلى حد كبير. جزيرة أسنسيون جزء من حيد الأطلنطي الأوسط وقد برز هذا الحديد فوق سطح البحر كنتيجة لسلسلة حديثة من التفجرات - حس، حديثة بمعنى أن ذلك ربما يكون منذ ٦ ملايين سنة؛ أي أنه حديث بمعايير الصخور التي أخذنا عينات منها طول رحلتنا بالغواصة.

(*) د واطسون شخصية روائية، ويعمل مساعدا لشرلوك هولمز المحقق المشهور في الروايات البوليسية لمير أرثكونان دويل. (المترجم)

أستراليا ومدغشقر :
جزيرتان للتطور



(٨) القنوع هو المرافق
الأسترالي للظبي، ولكنه
مخصص في الغالب بدلاً
من القنوع



(١١) أشجار البوكالينوس مغلب
على الغابات الأسترالية

(ع) حيوانات الكوالا هي بمثابة حيوانات
الكلاب للغابات الأسترالية، ولها مرحلة
أبيض بطنية مثل الكلاب، وقد تخصصت
في أكل أوراق البوكالينوس، ربما لأنه
لا يوجد إلا حيوانات قليلة أخرى يمكنها
التعامل مع سمومه. لاحظ وجود الوليد في
الجيب، الذي يتجه للأمام، ربما بسبب من
حدث تاريخي عرض.



(د) ثيلانثوس حيوان مثل
بالبيا في الوجود من أرملة
قديمة. عندما كانت ثدييات
جوداوقا مازالت تضع بيضها.



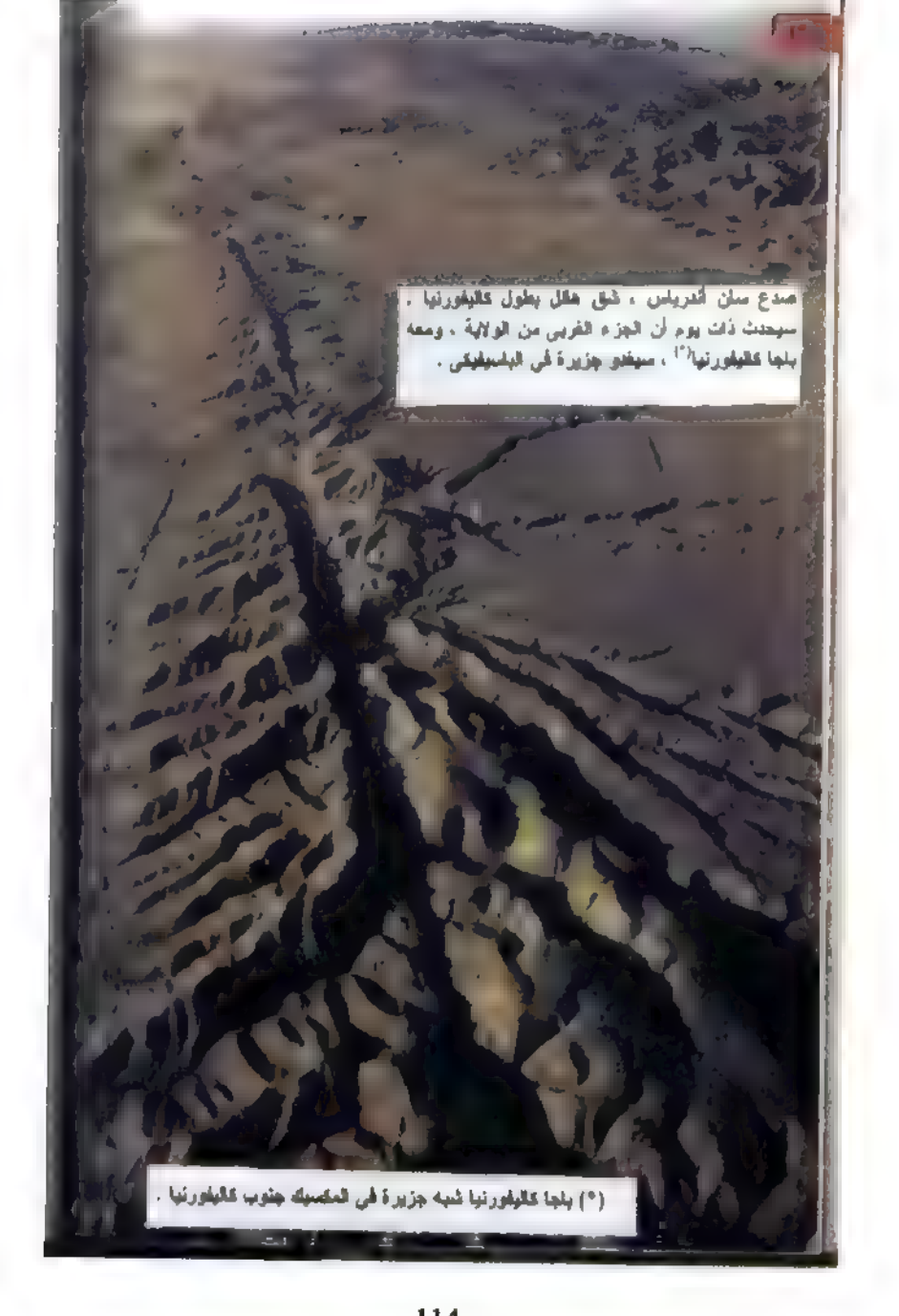


(e) اليمور نو القيل الطلي. لو كنت
البيجل قد زارت مدغشقر بدلا من
جالابجوس . هل كان ذلك سيحدثنا
نحدث الآن عن اليمور داروين ؟
(f) تكون الأشجار القربية أكثر غريبة
عن شجرة القيلدي (baobab) هذه في
مدغشقر.
(g) لعل هذا هو النوع المفضل عدى من
بين كل أنواع العالم: اليمور سيفلدا
الرقص.





دعنا لا نضحك من عروهن طائر الاطيش (hoth) دي الاقدام
الرقاء عندما يرفع قدميه ويشير للسماء . ان هذا يشير اعجاب
طيور الاطيش الاخرى . وهذا هو كل ما بهم



صدع سان أندرياس ، شق هائل بطول كاليفورنيا .
سيحدث ذات يوم أن الجزء الغربي من الولاية ، ومعه
بلجا كاليفورنيا^(*) ، سيغدو جزيرة في المحيط الهادئ .

(*) بلجا كاليفورنيا شبه جزيرة في المكسيك جنوب كاليفورنيا .

(A) - (d)





(A) - (C)

جالا باليوس: أحي خزافة عرض صغير السن للتطور
(a) كالديرا^١ ليركان في جزيرة فرمانييا . أصغر
جرر جالابليوس وأقربها نشاطا بركانيا .
(b) منظر من الجو لجالابليوس بين خضرة الأرض
المرتفعة (البركين) واللون القاتم لسهول اللاندا^٢.

(c) جمع جالابليوس بطرس
أعطسا طفا السمك هذا نوع
فرعي من الجمع البني في
جالابليوس، وهو لسبب ما
قد سمي بالمتبول



(D) - (G)

(d) سطحية جالابليوس البحرية وهي تسمى
هذه العادة فريدة بين السحالي.

سطحية جالابليوس البرية الصلابة تختلف من
جزيرة لأخرى. هناك سلاسل بصلقة في شكل
المرج (e)، تختلف عن السلاسل ذات الطبقة
(f) التي ترعى الأعشاب. وسلاسل المرج
ملحح مميز للجرر التي ترعى السلاسل فيها
على الصبار. وبالتالي فإن عليها أن تنط من
أغصانها عاليا.

(g) منظر نمطي في
جالابليوس بجمعة
جالابليوس البنية، وبطرس
جالابليوس (البطرس)
الوحيد الذي يحصل بالكلية
في صف الكرة قشمايلي
ومسوطات تسمى رشيقة
الخطى فوق صخور اللاندا
السوداء



هيا الآن ننطلق تجاه أفريقيا، عبر الجانب الآخر من الحديد، لنهبط إلى السهول العميقة عند قاع شرق الأطلنطي. نواصل أخذ عينات الصخر، وكما قد خمن القارئ، فإن للصخور الآن تغدو باطراد أكبر سنا، نحن نتحرك تجاه أفريقيا. ها هنا صورة مرآة للنمط الذي لاحظناه قبل الوصول إلى حيد الأطلنطي الأوسط. لا يشك الآن المخبر المحقق في تفسير ذلك. للوحان يتحركا في تباعد أثناء انتشار قاع البحر بعيدا عن الحديد. هناك صخر جديد يُضاف إلى اللوحين المتباعدين يأتي كله من النشاط للبركاني للحديد نفسه ثم يُحمل بعيدا في اتجاهين مضادين، فوق واحد أو الآخر من أغشية المكتب الهائلة المنزقة التي نسميها باللوح الأفريقي ولوح أمريكا الجنوبية. الألوان الإضافية في صفحة ١٠١ الملونة والتي توضح هذه العملية تدل على عمر الصخور، فالصخور الملونة بالأحمر هي الأصغر سنا. يستطيع القارئ أن يرى كيف أن بروفيلات العمر على جانبي حيد الأطلنطي الأوسط تشكل كل منها على نحو جميل صورة مرآة للآخر.

بالها من قصة رائعة ! ولكنها ستزداد روعة. يلاحظ للمخبر المحقق نمطا أرهف في عينات الصخور عند معالجتها في للمعمل فوق متن الغواصة. عينات قلب الصخور التي أخذت من الجزء العميق من الغلاف الحجري فيها بعض مغناطيسية قليلة، مثل إبرة للبوصلة. هذه ظاهرة مفهومة جيدا. عندما تتجمد الصخور المصهورة، ينطبع عليها المجال المغناطيسي للأرض، في شكل استقطاب للبلورات الدقيقة التي يُصنع منها الصخر الناري. تسلك البلورات وكأنها إبر بوصلة دقيقة قد جُمِدت — واحتُبست في الاتجاه الذي كانت تشير إليه في لحظة تجمد اللافا المصهورة. والآن، فمن المعروف منذ زمن طويل أن قطب الأرض المغناطيسي ليس ثابتا ولكنه يتحرك متجولا، وربما يكون ذلك بسبب نز تيارات بطينة في مزيج الحديد والنيكل المصهورين في قلب الكوكب. يقع القطب المغناطيسي الشمالي حاليا قرب جزيرة "إيلسمير" في شمال كندا، ولكنه لن يبقى

هناك. حتى يحدد الملاحون الشمال الحقيقي باستخدام بوصلة مغناطيسية، فإنهم يحتاجون إلى اللجوء إلى عامل تصحيح، وهذا العامل يتغير من سنة لأخرى مع عدم استقرار المجال المغناطيسى للكوكب.

طالما يواصل مخبرنا المحقق بدقة تسجيل الزاوية المضبوطة التى كانت تقع فيها عينات قلوب الصخر عندما استخرجها بالمتقاب، فإن المجال المغناطيسى المتجمد في كل قلب سيخبره عن وضع المجال المغناطيسى للأرض في اليوم الذى تجمد فيه الصخر من اللافا. والآن هيا بنا إلى الملاحظة الحاسمة. يتفق أن المجال المغناطيسى ينعكس بالكامل على فترات غير منتظمة من عشرات الآلاف أو مئات الآلاف من السنين، ويفترض أن سبب ذلك هو تحولات رئيسية في القلب المصهور المكون من النيكل / الحديد. هكذا فإن ما كان يشكل الشمال المغناطيسى ينقلب إلى موضع قرب القطب الجنوبي الحقيقي، وما كان يشكل الجنوب المغناطيسى ينقلب إلى الشمال. وتلتقط الصخور بالطبع وضع الشمال المغناطيسى المعاصر ليوم تجمد الصخور من اللافا المنبجسة لأعلى من أعماق قاع البحر. كنتيجة لانعكاسات الاستقطاب هكذا كل عشرات قليلة من آلاف السنين، يستطيع جهاز قياس المغناطيسية أن يكشف عن وجود شرائط تجرى بطول صخر الأديم: شرائط نجد فيها أن المجالات المغناطيسية لعينات الصخور تشير كلها لاتجاه واحد، في تناوب مع أشرطة نجد فيها أن المجالات المغناطيسية تشير كلها للاتجاه المضاد. يلون مخبرنا هذه الأشرطة باللون الأبيض والأسود فوق الخريطة وعندما ينظر إلى هذه الشرائط فوق الخريطة "يجد" أنها تشبه بصمة الإصبع، ويلاحظ فيها نمطا لا يمكن إخطاؤه. وكما يحدث بالنسبة لأشرطة الألوان الإضافية التى تدل على العمر المطلق للصخور، فإن أشرطة البصمات المغناطيسية على الجانب الغربى من حيد الأطلنطى الأوسط تشكل صورة مرآة رائعة للأشرطة على الجانب الشرقى. الأمر هو ما نتوقعه بالضبط عندما يكون الاستقطاب المغناطيسى للصخرة قد أرسى

وصعه عندما تجمدت اللافا أولا في الحيد، ثم تحركت بعدها ببطء متعدة عن الحيد في اتجاهات مضادة، بمعدل سرعة ثابت وبطيء جدًا. هذا من الأمور الأولية يا عزيزى واطسون.

في عودة للحديث عن المصطلحات العلمية بالفصل الأول، فإن تحول الصورة المرسومة لفرض فيجنر عن الانجراف القارى إلى النظرية الحديثة لتكتونيات الألواح، يعطينا مثلا نموذجيا لترسيخ فرض فيه إغواء ليحول إلى متبرهنة أو حقيقة مقبولة على نحو شامل. تكتونيات الألواح لها أهميتها في هذا الفصل، لأنه لا يمكن لنا بدونها أن نفهم فهما كاملا توزيع الحيوانات والنباتات فوق قارات وجزر العالم. عندما تكلمت عن العازل الجغرافى الابتدائى الذى يفصل بين نوعين ابتدائيين، طرحت وقوع زلزال يحول مجرى أحد الأنهار. كان في استطاعتى أن أذكر أيضا قوى تكتونيات الألواح، التى تقسم إحدى القارات إلى اثنتين، وتنقل كل من القطعتين الماردتين في اتجاه مضاد، وكل منهما مكتملة براكبيها من الحيوان والنبات - هذه سفن فلك من القارات.

كانت مدغشقر وأفريقيا معا ذات مرة جزءا من القارة الجنوبية العظمى جوندوانا، ومعهما أيضا أمريكا الجنوبية، وقارة القطب الجنوبى أنتاركتيكا، والهند وأستراليا. بدأت جوندوانا تنكسر - ببطء مزعج حسب معايير إدراكنا - وذلك منذ ١٦٥ مليون سنة. عند هذه النقطة انفصلت مدغشقر التى كانت لا تزال تتصل بالهند، وأستراليا وأنتاركتيكا في شرق جوندوانا، وشدت بعيدا عن الجانب الشرقى من أفريقيا. وفي حوالى الوقت نفسه انفصلت أمريكا الجنوبية بعيدا عن غرب أفريقيا في الاتجاه الآخر. تنكسر شرق جوندوانا نفسها في وقت لاحق نوعا، وأصبحت مدغشقر في النهاية منفصلة عن الهند منذ ما يقرب من ٩٠ مليون سنة.

كل جزء تشظى من أجزاء جوندوانا القديمة حمل معه بضاعته من الحيوانات والنباتات. هكذا كانت مدغشقر سفينة "فلك" حقيقية، والهند فلكا آخر. وكمثل، فإن من المحتمل أن أسلاف النعام والطيور الضخمة كالفيل كان أصلها في مدغشقر /الهند عندما كانتا لا تزالان متحدتين. ثم كان أن انفصلتا فيما بعد. تتطور ما كان من هذه الكائنات فوق اللطوف العملاق المسمى مدغشقر ليغدو طيوراً ضخمة كالفيلة، في حين أن أسلاف النعام أبحرت فوق سفينة الهند الرائعة وبالتالي - عندما اصطدمت الهند مع آسيا وارتفعت جبال الهيمالايا - انطلقت هذه الطيور متحررة إلى البر الرئيسي لآسيا، ومن هناك وجئت في النهاية طريقها لأفريقيا، التي تشكل الآن المنتجع الرئيسي المفضل لتدق هذه الطيور أقدامها فوق أرضه (بعم، أخذت الذكور تدق الأرض حقا بأقدامها، لتثير إعجاب الإناث)، أما الطيور الضخمة كالفيلة فإننا بكل أسف لم نعد نراها (ولا نسمعها في مزيد من المآسى، ذلك أنها لو كانت لا تزال تدق الأرض بخطواتها لاهترت الأرض نفسها حتماً). هذه الكائنات العملاقة التي كانت في مدغشقر حيث يفوق حجمها كثيراً حجم أكبر النعام هي فيما يحتمل المصدر الأصلي لطائر "الرخ" الأسطوري، الذي يظهر في رحلة السندباد البحري الثانية. هذه الطيور وإن كان حجمها الكبير يسمح بأن يمتطيها الإنسان، إلا أنها كانت بلا أجنحة، وبهذا فإنها لم تكن تستطيع أداً أن تحمل السندباد عالياً كما أُشيع^(١).

لا يقتصر الأمر الآن على أن النظرية الراسخة بقوة عن تكتونيات الألواح تفسر حقائق عديدة حول توزيع الحفريات والكائنات الحية، بل توفر لنا أيضاً هذه

(١) الحقيقة أن قوانين الطبيعة بالنسبة لتدرج المقاييس تؤكد لنا أن الطيور الضخمة مثل الفيل لا تستطيع بالمرّة أن تمارس طيراناً بأجنحة تخفق بمصدر ما للقوة، ومهما كان مدى جناحها كبيراً. سبب ذلك أن العضلات اللازمة كمصدر قوة لهذه الأجنحة الضخمة يلزم أن تكون عضلات كبيرة جداً لن تتمكن من أن ترفع حملها الخاص بها.

النظرية المزيد من الأدلة عن قدم عمر كوكب الأرض قدما بالغا. وبهذا فإن هذه النظرية هي ولا بد شوكة كبرى في جنب أتباع المذهب التكويني، أو على الأقل في حنب من يؤمنون منهم بعقيدة "كوكب الأرض صغير السن". كيف يحاولون التغلب على ذلك؟ الحقيقة أنهم يفعلون ذلك بطريقة عجيبة جدا. إنهم لا يكررون تحرك القارات، ولكنهم يعتقدون أن هذا كله قد حدث بسرعة كبيرة في زمن قريب جدا، زمن فيضان نوح^(١). ربما سيعتقد المرء أن هؤلاء الناس ما داموا يسعدون سعادة ظاهرة برفض الأدلة التي لا تلائمهم مثل وجود أدلة بكم ومدى هائلين على حقيقة التطور، فإنهم سوف يستخدمون أيضا الحيلة نفسها فيما يتعلق بأدلة تكتونيات الألواح. ولكن لا: إنهم على نحو عجيب يتقبلون حقيقة أن أمريكا الجنوبية كانت ذات مرة تندمج في اتحاد محكم مع أفريقيا. يبدو أنهم يعتبرون أن الأدلة على ذلك أدلة حاسمة، حتى وإن كانت الأدلة على حقيقة التطور أقوى منها، ومع ذلك فإنهم يكررون هذه الأخيرة بسعادة. الأدلة عند هؤلاء الناس لا تعني إلا الشيء القليل، وهكذا يتساءل المرء لماذا لا يستمرون دائما في السير بنفس الطريقة فيكررون أيضا كل تكتونيات الألواح.

يطرح جيرى كوين في كتابه "لماذا يعد التطور حقيقة" معالحة أسناذ متمكن للأدلة المستقاة من التوزيع الجغرافي (وهو أمر نتوقعه من المؤلف الكبير لأحسن كتاب مرعى حديث بشأن التناوع). يطرق جيرى أيضا فوق رأس المسمار فيما يتعلق بولع التكوينيين بتجاهل الأدلة عندما لا تدعم الموقف الذي "يعرفون" من الكتاب المقدس، أنه لا بد وأن يكون على حق، فيقول كوين: "الأدلة البيوجغرافية على التطور هي الآن بالغة القوة بحيث أنني لا أرى الآن أبدا عند التكوينييين أي

(١) هذه صورة لافتة للأنظار: أمريكا الجنوبية وأفريقيا تنطلقان سريعا في تناعد أحدهما عن الأخرى بسرعة أكبر من سرعة الإنسان في السباحة، ويستمر ذلك لأربعين يوم متصلة.

كتاب، أو مقال، أو محاضرة تحاول تفنيد هذه الأدلة. التكوينيون ببساطة يدعون أن هذه الأدلة غير موجودة. يقتصر التكوينيون وكأن الحفريات توفر الأدلة الوحيدة على التطور. لا شك أن أدلة الحفريات قوية جداً. تم الكشف عن حفريات تملأ حمولة شاحنات كثيرة بعد زمن داروين، وهذه الأدلة كلها إما أنها تدعم التطور بفاعلية أو أنها تتوافق معه. هناك ما هو أشد قوة، كما سبق أن أكدت، وهو أنه لا توجد حفرية واحدة تتناقض مع التطور. ومع ذلك، فإنه على الرغم من قوة أدلة الحفريات قوة بالغة، إلا أنني أود أن أؤكد ثانية على أنها ليست أقوى ما لدينا من أدلة. حتى إذا كنا لم نعثر أبداً على أى حفرية واحدة، فإن الأدلة المستمدة من الحيوانات الحية الباقية في الوجود لا تزال لها القوة الغالبة للإحبار على استنتاج أن داروين كان مصيباً. المخبر الذي يأتي إلى مشهد الجريمة بعد وقوع الحدث يستطيع أن يكس أدلة حية باقية في الوجود هي حتى لا تقبل أى جدل لحد أكبر مما تفعله أدلة الحفريات. رأينا في هذا الفصل أن توزيع الحيوانات فوق الحرر والقارات هو بالضبط ما ينبغي أن نتوقعه إذا كانت كلها أبناء عمومة قد تطورت من أسلاف مشتركة عبر فترات زمن طويلة جداً. في الفصل التالي سنقارن الحيوانات الحديثة أحدها مع الآخر، لنلقى نظرة على توزيع الخصائص في المملكة الحيوانية، ونقارن على وجه الخصوص تتابعات الشفرة الوراثية فيها، لنصل إلى الاستنتاج نفسه.

الفصل العاشر

شجرة أبناء العمومة

كل عظم إلى عظمة(*)

يا لروعة الهيكل العظمي للثدييات. لست أعنى أنه جميل بذاته، وإن كنت شخصياً أعتقد ذلك. وإنما أعنى حقيقة أننا نستطيع دائماً أن نتحدث عن "الهيكل العظمي للثدييات: حقيقة أن هناك شيئاً متشابكاً متعقداً هكذا يختلف اختلافاً عظيماً عبر كل الثدييات في كل أجزائه، بينما هو في الوقت نفسه وعلى نحو بالغ الوضوح يشكل الشيء نفسه" في كل الثدييات. هيكلنا العظمي كشر مألوف لنا بحيث لا يحتاج هنا لصورة له، ولكن دعنا ننظر إلى هذا الهيكل العظمي للخفاش. أليس من الرائع أن كل عظمة فيه لها نظير يمكن التعرف عليه في الهيكل العظمي البشري؟ وهو مما يمكن التعرف عليه، بسبب الترتيب الذي ترتبط به كل عظمة بالأخرى. ما يختلف هو النسب فقط. أيدى الخفاش تضخمت تصخما هائلاً (بالنسبة طبعاً لحجمه هو الكلي) ولكن لا يمكن لأحد أن يفوته التناظر بين أصابعنا وتلك العظام الطويلة في الأجنحة. من الواضح أن يد الإنسان ويد الخفاش هما نسحتان للشيء نفسه - ولا يمكن لأي شخص عاقل أن ينكر ذلك. المصطلح الفني لهذا النوع من التماثل هو "التشاكل". الجناح الطائر للخفاش يتشاكل مع اليد القابضة للإنسان". أخذت أيدى السلف المشترك هي وياقي الهيكل العظمي، وتم شدها أو ضغطها، جزءاً بعد جزء، في اتجاهات مختلفة، وبقدر مختلف، بطول خطوط سلاسل مختلفة.

(*) استشهاد من سفر حزقيال ٢٧-٨. (المترجم)



الهيكل العظمى لخفاش

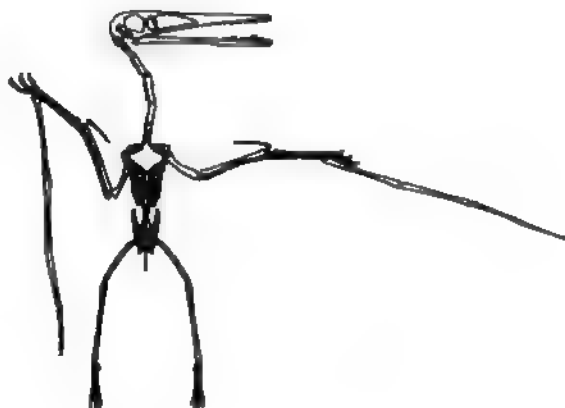
ينطبق الشيء نفسه - وإن كان ذلك مرة أخرى بنسب مختلفة - على جناح البتيروداكتيل، "pterodactyl" (*) (وهو وإن لم يكن ثدييا إلا أن المبدأ لا يزال ينطبق عليه، مما يجعل الأمر كله أكثر إثارة للإعجاب). غشاء جناح البتيروداكتيل يحمله إلى حد كبير إصبع وحيد، يمكننا أن نسميه بأنه الإصبع "الصغير" أو "الخنصر". اعترف بأنني أصاب بعصاب بثيره التشاكل عندما أرى كيف يتحمل الإصبع الخامس عبء ثقل كهذا، ذلك أن هذا الإصبع عند الإنسان يبدو مشا للغاية. هذا فيه بالطبع سخافة؛ لأن الإصبع الخامس عند البتيروداكتيل أبعد من أن يكون "صغيرا"، فهو قد مط لما يقرب من معظم طول الجسد، فيما يُفترض سيحس البتيروداكتيل بمثاقنه وقوته مثلما نحس نحن بذراعنا. إلا أنه مرة أخرى فيه

(*) حيول منقرض من الزواحف المجنحة. (المترجم)

ما يوضح النقطة التي أتناولها. يتم للإصبع الخامس "تعديله" ليحمل غشاء الجناح. تغدو التفاصيل كلها مختلفة، ولكنه لا يزال يمكن التعرف عليه كالإصبع الخامس بسبب علاقته من حيث المكان بالعظام الأخرى للهيكل العظمي. هذه الدعامة المثبتة الداعمة للجناح "تتشاكل" مع إصبعنا الصغير. كلمة "الإصبع الصغير" في لغة البتيروداكتيل تعني "دعامة هائلة قوية".

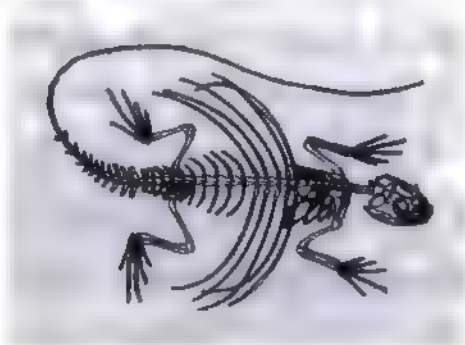
بالإضافة للحيوانات التي تطير حقا - للطيور، والخفافيش، والبتيروسورات، والحشرات - هناك حيوانات أخرى كثيرة تنزلق: وهذه العادة قد تحبرنا ببعض شيء حول أصول الطيران الحقيقي. لهذه الحيوانات أغشية انزلاق، تحتاج إلى دعم من الهيكل العظمي؛ ولكن هذا الدعم لا يلزم أن يأتي من عظام الأصابع كما يحدث في أحصنة الخفافيش وحيوانات البتيروسور. حيوانات السنجاب الطائر (وهي مجموعتان مستقلتان من القوارض)، وحيوانات "الفنجر" (^٩)، "Phalanger" (كيسيات أسترالية تكاد تماثل بالضبط حيوانات السنجاب الطائر ولكنها ليست على علاقة قرابة وثيقة بها) يُمط فيها غشاء من الجلد بين الأذرع والسيقان. لا حاجة هنا لأي أصبع فردية لحمل عبء كهذا، وهي ليست متضخمة. أعتقد أنني مع ما لدى من عصاب من إصبعي الصغير، سأكون أسعد كسنجاب طائر أكثر مما لو كنت بتيروداكتيل؛ لأن شعوري سيكون أكثر "رضا" عندما أستخدم كل الذراعين وكل الساقين في مهمة لحمل الأثقال كهذه.

(٩) حيوان أسترالي يتراوح حجمه بين الفأر والقط. (المترجم)



الهيكل العظمي للبتيروداكتيل

الشكل التالي يبين الهيكل العظمي لما يسمى بالسحلية الطائرة، وهي حيوان آخر من حيوانات الغابة البارة في الانزلاق. يستطيع القارئ أن يرى في التو أن ما تم تعديله هنا هو الأصبع وليس الأصابع أو الأذرع أو السيقان، وقد عدلت لتحمل "الأجنحة" - أو أغشية الطيران. مرة أخرى فإن مشابهة الهيكل العظمي ككل للهيكل العظمي الأخرى للفقاريات واضحة وضوحاً كاملاً. يستطيع المرء أن يمر بكل عظمة الواحدة بعد الأخرى، ويحدد بالضبط في كل حالة العظمة المناظرة لكل منها في الهيكل العظمي للإنسان أو الخفاش أو البتيروداكتيل.



الهيكل العظمي "للسحلية الطائرة"

يوجد في غابات جنوب شرقى آسيا حيوان الكولوجو أو ما يسمى "بالليمور الطائر" وهو يشبه السنجاب الطائر والفلنجر الطائر، فيما عدا أن الذيل وكذلك الأذرع والسيقان مضمنة في بنية دعامة غشاء الطيران. لا يبدو هذا لى أمرا مناسباً، لأنى لا أستطيع أن أتخيل كيف يكون الحال عندما لا يوجد ذيل مطلقاً، وإن كنا نحس البشر مع كل القردة العليا الأخرى التى "لا ذيل لها" لا يزال لدينا أثر لدليل مدفون تحت الجلد هو العصعص. نحن القردة العليا نكاد نكون بلا ذيل، وهكذا فإنه يصعب علينا أن نتصور ما لا بد وأن يبدو الأمر عليه لو كان الواحد منا قرد عنكبوتى^(*)، يسود ذيله على العمود الفقرى بأكمله. يستطيع القارئ أن يرى من الصورة في ص ١٨٥ للملونة كيف أن ذيله بالغ الطول حتى أنه أطول من ذراعيه وساقيه الطويلين بالفعل. ذيل القرد العنكبوتى كما هو الحال في الكثير من قردة العالم الجديد (بل كما هو الحال حقا في الكثير من ثدييات العالم الجديد عموما كحفيضة غريبة يصعب تفسيرها)، هو ذيل معد لوظيفة "الإمساك"، بمعنى أنه قد تم تعديله ليقبص على الأشياء، ويكاد يبدو وكأنه قد انتهى إلى يد إضافية، وإن لم يكن متشاكلا مع اليد الحقيقية، وليس له أصابع. الحقيقة أن ذيل القرد العنكبوتى يشبه كثيرا أن يكون ساقا أو ذراعا إضافيا.

لعلى لست في حاجة لأن أوضح للرسالة ثانية. الهيكل العظمى في الأساس من هذا الذيل يماثل ما يوجد في ذيل أى ثديي آخر، ولكنه قد تم تعديله لأداء مهمة مختلفة. حسن، الذيل نفسه ليس متماثلا تماما: ذيل القرد العنكبوتى له علاوة إضافية من الفقرات، إلا أن من الواضح أن هذه الفقرات نفسها هي من النوع نفسه مثل الفقرات في أى ذيل آخر، بما فيه عصعصنا. هل تستطيع أن تتصور ما تبدو عليه لو كنت قردا بخمسة "أيادي" قابضة - يد عند نهاية كل ساق وكذلك عند نهاية

(*) القرد العنكبوتى: قرد أمريكي استوائى له ذيل طويل يلتف حول الأغصان. (المترجم)

كل ذراع، ثم ذيل - ويمكنك أن تتدلى بسعادة مستخدماً أى من هذه الأيدي ؟ أنا شخصياً لا أستطيع تصور ذلك. ولكنى أعرف أن ذيل القرد العنكبوتى يتشاكل مع عصصى، بما يماثل تماماً أن العظمة للبالغة الطول والقوة لجناح البتيروداكتيل تتشاكل مع إصبع يدي الصغير.

هاكم حقيقة مذهلة أخرى. حافر الحصان يتشاكل مع ظفر الإصبع الوسطى ليدك (أو ظفر إصبع القدم الوسطى). الخيل نمشى على طرف إصبع القدم بالمعنى الحرفى للكلمة، وذلك بخلافنا نحن عندما نمشى على "ما نسميه" طرف الإصبع. الخيل قد فقدت بالكامل تقريباً الأصابع الأخرى للقدم واليد. أصبع الحصان الذى يتشاكل مع إصبع إيهامنا وإصبع بنصرنا، ومرادفات ذلك في سيقان الحصان الخلفية، كلها تبقى موجودة "كشطايا" عظمية دقيقة، متصلة بعظمة "القصبه" في القوائم وليست مرئية خارج الجلد. عظمة القصبه تتشاكل مع عظمة المشط الوسطى المدفونة في يدنا (أو عظمة المشط المدفونة في قدمنا). يتم تحميل كل ثقل الحصان على الأصابع الوسطى لليد والقدم، وهذا له أهمية بالغة في حالة حصان الجبر الإنجليزي والأسكتلندى. تشاكل التركيب مثلاً مع أصابعنا الوسطى أو أصابع الخفاش أمر واضح بأكامل. لا يمكن أن يشك أحد في ذلك؛ ويحدث، وكأنما لزيادة تأكيد الأمر، أن تولد أحياناً خيل شاذة لها ثلاثة أصابع في كل ساق (polydactylic)، يقوم الأوسط منها بوظيفة "قدم" طبيعية، بينما الأصبعان الجانبيان لدهما حوافر منمنمة (انظر للصورة التالية).

هل تستطيع أن ترى مدى جمال هذه الفكرة، فكرة أن تتم تعديلات تكاد تكون لا نهائية عبر أزمنة هائلة، وكل شكل معدل يُبقى على آثار للأصل لا يمكن إخطاؤها؟ كم أمجد تلك الليتوبتيرنات (litopterns)، عاشبات أمريكا الجنوبية المنقرضة، وهى حيوانات ليست على أى علاقة وثيقة بأى من الثدييات الحديثة، وتختلف جداً عن الخيل - فيما عدا أن لها تقريباً سيقان وحوافر متماثلة. تطورت

الخيـل (في أمريكا الشمالية)^(١) والليتويترونات (في أمريكا الجنوبية، التي كانت في تلك الأيام جزيرة ضخمة، بينما برزخ بنما لا يزال في المستقبل البعيد) وتطور كل منهما مستقلا بأن اتبعا بالضبط نفس الاختزال لكل أصابع اليد والأقدام فيما عدا الأصبع الوسطى، وانبثقت فيهما حوافر متماثلة عند نهاية هذا الإصبع. فيما يفترض، ليست هناك مطلقا طرقا كثيرة تستخدمها الثدييات العاشبة لتصبح سريعة العدو. توصلت الخيل والليتويترونات للطريقة نفسها - اختزال كل الأصابع فيما عدا الإصبع الوسطى - ووصل كلاهما بذلك إلى النهاية نفسها. البقر والظباء وقعت على حل آخر، هو اختزال كل الأصابع عدا اثنتين.



حصان بوليداكيتلى

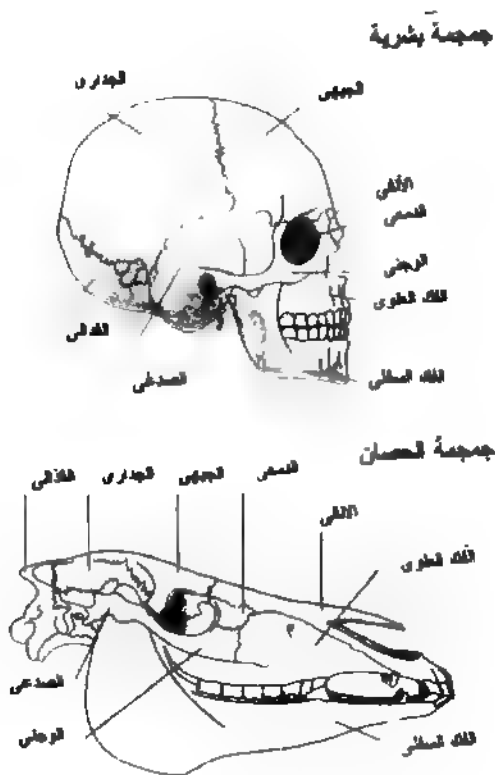
(١) قد يدهش القارئ عندما يسمع أن الخيل تطورت في أمريكا الشمالية، ذلك أن من الشائع أن يقال عن الغزاة الأوروبيين أنهم عند أول وصولهم للأمريكتين، ذهل السكان المحليون لرؤيتهم فوق ظهور الخيل. الحقيقة أن الجزء الأكبر من تطور الحصان حدث في أمريكا وانتشرت بعدها للحيل لبقاى العالم، وذلك في وقت يسبق بزمن قصير (بالمعايير الجيولوجية) فقراضها في أمريكا. الخيل حيوانات أمريكية تمت إعادة إدخالها لأمريكا بواسطة الإنسان.

فيما يلي إفادة تبدو متناقضة، إلا أن في استطاعة القارئ أن يدرك كيف أنها معقولة، وأن يدرك أيضا مدى أهميتها كملاحظة. حسب هذه الإفادة الهياكل العظمية لكل الثدييات متماثلة، ولكن عظامها المفردة تختلف. حل هذا التناقض يكمن في استخدامي بحساب لكلمة "الهيكال العظمى" على أنها "تجمع" للعظام، في ارتباط منظم إحداها بالأخرى. بهذه النظرة لا تكون أشكال العظام المفردة خصائص "الهيكال العظمى" بأي حال. "الهيكال العظمى" بهذا المعنى الخاص، يتجاهل أشكال العظام المفردة، ويهتم فقط بالنظام الذى ترتبط معا به: "كل عظم إلى عظمة" حسب كلمات حزقيال، والأكثر حيوية من ذلك ما ورد في الأغنية التى تتأسس على هذه الفقرة:

يوصل عظم إصبع قدمك إلى عظم قدمك،
يوصل عظم قدمك إلى عظم كاحلك،
يوصل عظم كاحلك إلى عظم ساقك،
يوصل عظم ساقك إلى عظم ركبتك،
يوصل عظم ركبتك إلى عظم فخذك،
يوصل عظم فخذك إلى عظم حوضك،
يوصل عظم حوضك إلى عظم ظهرك،
يوصل عظم ظهرك إلى عظم رقبتك،
يوصل عظم رقبتك إلى عظم قذالك،
ها أنذا أسمع كلمة الرب !

النقطة المهمة هنا هي أن هذه الأغنية يمكن أن تتطبق حرفيا على أى حيوان ثديي، بل في الحقيقة على أى حيوان فقارى برى، وهى تتطبق بتفاصيل أكثر إلى حد بعيد مما نطرحه للكلمات. وكمثل، فإن "عظم رأسك" أو جمجمتك تحوى ثمانى وعشرين عظمة، معظمها تتصل معا "بدروز صلبة"، إلا أن هناك عظمة رئيسية

واحدة متحركة هي (الفك الأسفل)^(١). الأمر الرائع هي أنه مع ظهور أو اختفاء عظمة شاذة هنا أو هناك، تظل توجد في كل الثدييات المجموعة نفسها من العظام الثماني والعشرين.



يُوصَل عظم رقبته إلى عظم قذالك

(١) بشكل هذا الفك عظمة وحيدة في الثدييات. الفك الأسفل في الزواحف أكثر تعقيدا من ذلك - وبالتالي فإن له قصة فائقة أعظمتها كلها في هذا الكتاب (إنك لا تستطيع أن تتل كل شيء). في إنجاز قد لإحدى الحيل التطورية نجد أن العظام الصغرى للفك الأسفل للزواحف يتم ضمها داخل أذن الثدييات، حيث تشكل جمرار هيفا ينقل الصوت من طبلة الأذن إلى الأذن الداخلية.

يوصل عظم فذلك إلى عظمك الجدارى
يوصل عظمك الجدارى إلى عظمك الجبهي
يوصل عظمك الجبهي إلى عظمك الأنفى

....

يوصل عظمك السابعة والعشرين إلى الثامنة والعشرين...

يتمائل هذا كله في الثدييات، بصرف النظر عن حقيقة أن أشكال عظام معينة تختلف اختلافا جذريا في الثدييات المختلفة.

ما الذى نستنتجه من هذا كله ؟ قد حددنا هنا أنفسنا بالحديث عن الحيوانات الحديثة، وبهذا فإننا لا نرى التطور وهو يحدث فعله. نحن المحققون الذين وصلوا متأخرين إلى المشهد. نمط المشابهات بين الهياكل العظمية للحيوانات الحديثة هو بالصبط النمط الذى ينبغي أن نتوقعه إذا كانت كلها تنحدر من سلف مشترك، على أن بعضها يكون أحدث في ذلك من الآخرين. ظل الهيكل العظمى السلفى يُعدّل تدريجيا عبر العصور. وكمثل، فإن بعض أزواج من الحيوانات كالزراف والأكاب^(*) (okap) تتشارك في سلف حديث. لن يكون من الصحيح على نحو دقيق أن نصف الزرافة بأنها نوع من الأكاب قد مُط رأسيا، ذلك أنهما كلاهما من الحيوانات الحديثة. إلا أنه سيعد من حسن التخمين للقول بأن السلف المشترك بينهما ربما يبدو مشابها للأكاب أكثر من مشابهته للزراف (وهذا أمر يتفق أن ندعمه أدلة الحفريات، ولكننا في هذا الفصل لا نتحدث عن الحفريات). بماثل ذلك أن حيوانات الإمبالا (impala)^(**) والنو (gnu)^(***) هي أبناء عمومة وثيقة أحدها

(*) الأكاب: حيوان أفريقي من فصيلة الزرافة ولكن عنقه غير طويل. (المترجم)

(**) الإمبالا طى أفريقي أحمر الجلد ولذكوره قرون مقوسة ومشوكة. (المترجم)

(***) النو حيوان أفريقي له رأس كالثور بقرنين معقوفين، وذيله طويل. (المترجم)

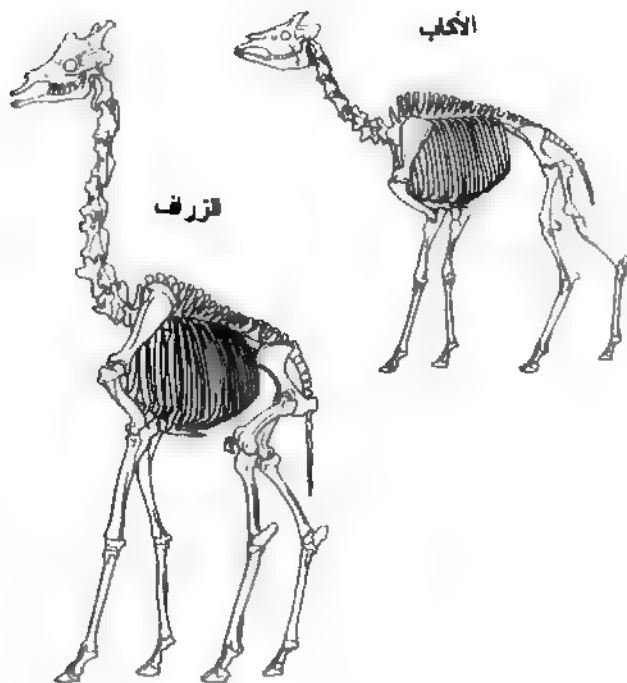
للآخر، وأبناء عمومة بدرجة أبعد قليلا للزراف والأكاب. كل هذه الحيوانات الأربع هي بدرجة أبعد مما سبق أبناء عمومة الحيوانات الأخرى ذات الحافر المشقوق، مثل الحنايرير والخنازير الوحشية الأفريقية (وهي أبناء عمومة أحدها مع الآخر ومع حيوانات البكرى "peccary"^(١)). للحيوانات المشقوفة الحافر كلها بدرجة أبعد مما سبق، أبناء عمومة للخيل وحمر الوحش (التي ليس لها حوافر مشقوفة وهي أبناء عمومة وثيقة أحدها مع الآخر). نستطيع مواصلة ذلك لآى مدى نشاء، ونجمع بين قوسين أزواجا من أبناء العمومة في مجموعات، ثم مجموعات من مجموعات أبناء العمومة، و(مجموعات من مجموعات) (المجموعات من أبناء العمومة). قد اندفعت منزلقا في استخدام الأقواس أوتوماتيكيا وأنا أعلم أن القارئ يعرف بالضبط ما تعنيه هذه الأقواس. معنى الأقواس فيما يلى واضح مباشرة للقارئ، لأنه يعرف من قبل كل شيء عن أبناء العمومة الذين يتشاركون في الأجداد، وأبناء العمومة من الدرجة الثانية الذين يتشاركون في آباء الأجداد، وهلم جرا:

قد ضمنت فيما قلت أن شجرة التشابهات هي حقا شجرة عائلية، ولكن هل نحن مجبرون على هذا الاستنتاج؟ هل هناك أى تفسيرات تبادلية؟ حس، لا يكاد يكون هناك إلا أقل القليل! أدرك أتباع المذهب التكويني في زمن ما قبل داروين ما يوجد من نمط ترانتي في هذه التشابهات، وكان لديهم بالفعل تفسير غير تطورى - تفسير بعيد الاحتمال تماما بما يثير الارتباك. أنماط المشابهة هي رأيهم تعكس أفكارا لموضوعات تصميم رئيسية. هناك أفكار مختلفة عن طريقة صنع الحيوانات. تدور بعض هذه الأفكار حول موضوع الثدييات، وتدور أفكار مستقلة أخرى حول موضوع الحشرات. في الداخل من موضوع الثدييات تنقسم أفكار التصميم انقساماً

(١) يتزايد استخدام مصطلح "الثور الوحشى الهولندى" مفضلا على "لانو" على أنى أحاول إنقاذ مصطلح "لانو" لأنه لو مات تماما، لن يكون هناك بعد أى معنى للأغنية الفكاهة لعلاندرز وسوا التي ترد فيها كلمة اللنو.

(٥) الكرى حيوان أمريكي يشبه الخنزير وله شعر قلس طويل دلكن. (المترجم)

ثانياً بارعا تراتبياً إلى موضوعات فرعية (تدور مثلاً حول موضوع الحوافر المشقوقة) ثم حول موضوعات تتفرع من الفرعية (تدور مثلاً حول موضوع الخنزير). هناك في هذا عنصر قوى من التفكير بالتمنى ومن التماس حجج دفاع خاصة، والتكويينون حالياً نادراً ما يلجأون إلى ذلك. بل الحقيقة أنهم يلجأون هنا إلى نفس ما يفعلونه بالنسبة للأدلة المستقاة من التوزيع الجغرافي التي ناقشناها في الفصل الأخير، فهم نادراً ما يناقشون بأى حال أدلة الأبحاث المقارنة، مفضلين عن ذلك التمسك بأرائهم عن الحفريات حيث تعلموا (خطأ) أنها تشكل لهم مجالهم الواعد.



{ (نئب ثعلب) (أسد نمر) } { (زراف أكاب) (إمبالانو) }

يشير كل شيء إلى شجرة أسلاف تتفرع ببساطة - شجرة عائلية.

أى إنسان له إدراك ويعمل في وضع التصميمات سيكون سعيدا كل السعادة عندما يفترض فكرة من أحد اختراعاته ليضعها في اختراع آخر إن كانت مفيدة له. ربما يكون العمل في "موضوع" تصميم طائرة بجرى منفصلا عن العمل في "موضوع" تصميم قطار. على أن أحد العناصر في الطائرة، كما مثلا بالنسبة لتصميم أفضل لأضواء القراءة فوق المقاعد، قد يكون مفيدا أيضا عندما يتم اقتراضه ليستعمل في القطارات. ولم لا، إن كان سيخدم فيهما كليهما الهدف نفسه؟ عندما اخترعت السيارات في أول أمرها كان اسمها "عربات بلا حياذ" وهو اسم ينبئنا ببعض مصادر الإلهام بالسيارة. إلا أن العربات التي تسوقها الحيل لا تحتاج إلى عجلة قيادة - فنحن نستخدم الأعنة لتوجيه الخيل، وإن فلا بد وأن عجلة القيادة لها مصدر آخر. لست أعرف من أين أتت عجلة القيادة، ولكني أظن أنها تم اقتراضها من تكنولوجيا مختلفة تماما، تكنولوجيا القارب. قبل أن تسود عجلة القيادة التي أدخلت حوالي نهاية القرن التاسع عشر، كانت أداة التوجيه الأصلية للسيارة هي ذراع التوجيه، الذي تم اقتراضه أيضا من القوارب، ولكنه نقل من المؤخرة إلى مقدمة العربة.

إذا كان الريش فكرة جيدة داخل "موضوع" الطيور، بحيث أن كل طير بلا استثناء لديه ريش، سواء كان يطير أو لا يطير، لماذا نجد أن الثدييات كلها بالمعنى الحرفي ليس لديها ريش؟ لماذا لا يتم اقتراض هذا الاقتراح الفذ من الريش لحدده ولو في خفاش واحد على الأقل؟ إجابة أى تطورى عن ذلك هي إجابة واضحة. الطيور كلها قد ورثت ريشها من سلفها المشترك، الذي كان لديه ريش. ليس هناك حيوان ثديي ينحدر من هذا السلف. الأمر بهذه البساطة^(١). شجرة المشابهات شجرة

(١) فيما أفترض فإن قرأتين لديهم من المعرفة ما هو أفضل مما ورد في كتاب اللاويين في العهد القديم، حيث يُعتقد أن الخفافيش من الطيور. هناك في الإصحاح ١١، بالآيات من ١٣ - ١٩، =

عائلية. القصة تكون هي نفسها بالنسبة لكل فرع في شجرة الحياة ولكل فرع تحت فرعى، ولكل فرع ينفرع من الفرع تحت الفرعى.

نصل الآن إلى نقطة مثيرة للاهتمام. هناك أمثلة كثيرة، حميلة يبدو فيها طاهريا وكأن هالك أفكارا ربما تكون قد "اقتُرِضت" من جزء من الشجرة ليطلع بها جزء آخر، بمثل تطعيم نوع مغاير من التفاح على جذل شجرة. الدرفيل حوت صغير، وهو يبدو ظاهريا مثل الأنواع المختلفة من السمك الكبير. إحدى هذه الأسماك، واسمها "كورفينا هيبوريس، *Coryphana hippuris* " أو سمكة أبو سيف، توصف أحيانا بأنها من "الدرايفل". أسماك أبوسيف والدرايفل الحقيقية لها الشكل الانسيابي نفسه، بما يلائم طرائقهما المتمثلة في الحياة كحيوانات صيادة سريعة قرب سطح البحر. إلا أن تكتيك السباحة عندهما وإن كان طاهريا متمائلا ولكنه تكتيك لم يفترضه الواحد منهما من الآخر، كما يمكن للقارئ أن يدرك سريعا عندما ينظر في التفاصيل. على الرغم من أنهما كليهما يستقيان سرعتهما في غالبيتها من الذيل، إلا أن سمكة أبي سيف تحرك ذيلها مثل كل السمك من جانب للآخر. أما الدرفيل الحقيقي فيكشف عن أصله الثديي بأن يضرب بذيله لأعلى وأسفل. الانتقال بحركة التموج من جنب للآخر من خلال العمود الفقري للسمك السلف قد ورثتها السحالي والثعابين التي يمكن القول بأنها تكاد "تسبح" فوق الأرض. دعنا نفاان مدى تباين ذلك مع عدو الحصان أو فهد الشيتا. السرعة هنا تأتي أيضا من انحناء العمود الفقري كما يحدث مع السمك والثعابين؛ إلا أن العمود الفقري في حالة الثدييات ينحني لأعلى وأسفل وليس من جانب للآخر. إنه لمما يثير الاهتمام أن

= قائمة طويلة بالطيور التي تعد مكروهة، تبدأ بالنسر وتنتهي "بالقلق والسبعاء على أخناسه، والبهدهد والحفاش". ثمة سؤال عن ذلك حول السبب في أن يكون من الضروري إدانة أي حيوانات على أنها كربية. على أن هذه ممارسة شائعة في ديانات كثيرة.

نجيب عن السؤال عن الطريقة التي حدث بها هذا التحول في أسلاف الثدييات. ربما كان هناك كائن متوسطى لا يكاد يحدث له اتحناء في عموده الفقري في أى من الاتجاهين، مثل الضفدعة. ومن الناحية الأخرى، فإن التماسيح لها القدرة على أن تعدو (عدوا سريعا بما يخيف) كما أن لها القدرة أيضا على استخدام طريقة مشى مثل مشية السحلية الأكثر تقليدية بين الزواحف. أسلاف الثدييات لا يشابهون التماسيح في شيء، إلا أن التماسيح ربما فيها ما يوضح لنا كيف أن سلفا متوسطيا ربما كان يجمع بين طريقتى المشى.

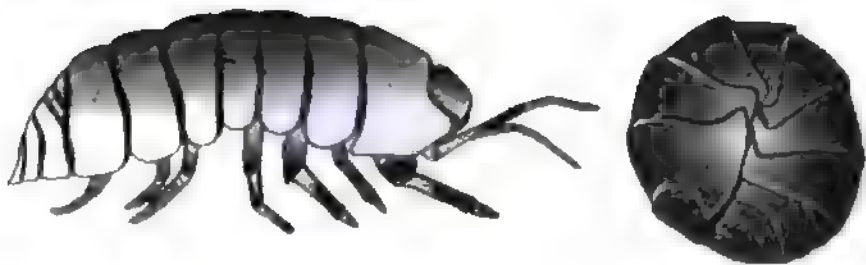
على أى حال فإن أسلاف الحيتان والدرايفيل كانت ثدييات أرضية بالمعنى الكامل، ومن المؤكد أنها كانت تعدو عبر المروج والصحارى ومناطق التندرا مع ثنى العمود الفقري لأعلى وأسفل. وعندما عادت الحيتان والدرايفيل إلى البحر، احتفظت بحركة العمود الفقري عند أسلافها لأعلى وأسفل. إذا كانت التعابين "تسبح" فوق الأرض، فإن الدرايفيل "تعدو" خلال البحر! وبالتالي، فإن فصوص ذنب الدرايفيل قد تشبه ظاهريا الذيل المشقوق لسمك أبى سيف، ولكنها تتخذ وضعها أفقيا، في حين أن رعانف ذيل أبى سيف تنتظم بمستوى رأسى. هناك جوانب أخرى عديدة يظهر فيها تاريخ الدرايفيل مسطورا عليه كله، وسوف آتى لها في فصل بهذا العنوان.

هناك أمثلة أخرى تظهر فيها مشابهة ظاهرية إلى حد بالغ يبدو معه أن من الصعب رفض فرض "الاقتراض"، إلا أن الفحص للمدقق يبين لنا أنه يجب رفضه. من الممكن أن تبدو الحيوانات متشابهة لدرجة كبيرة حتى أننا نشعر بأنها ولا بد على صلة قرابة. ولكن لا يلبث أن يثبت في النهاية أن أوجه التشابه وإن كانت تثير الإعجاب إلا أننا نجد اختلافات تفوقها عددا عندما ننظر إلى الجسد كله. حمار قبان دوبيات صغيرة مألوفة (انظر الشكل التالى) لها أرجل كثيرة. وهى عادة نلتئم في

شكل كرة للحماية، مثلما تفعل حيوانات المدرع (armadillo). والحقيقة أن هذا قد يكون مصدر اسمها اللاتيني "أرماديلليديوم، *Armadillidium*. هذا اسم لنوع واحد من دويبة "حمار قبان، pillbug" هو نوع من القشريات، وله صلة قرابة بالجمبري أو اللوبيان، ولكن أفراده تعيش فوق الأرض - وتكشف عن أن لها سلف مائي حديث لأنها تتنفس بواسطة خياشم يلزم أن تبقى رطبة. على أن النقطة المهمة في هذه القصة هي أن هناك نوعا مختلف تماما من "حمار قبان"، ليس من القشريات بالمرّة وإنما هو نوع من دودة ألفية (millipede). عندما ترى الاثنين وهما متكوران ستعتقد أنهما يتطابقان تقريبا. إلا أن أحدهما حمار قبان قشري معدل، بينما الآخر حمار قبان من دودة ألفية معدلة (معدلان في الاتجاه نفسه). إذا فككت تكورهما ودققت النظر ستري في التو اختلافا مهما واحدا على الآخر. حمار قبان الدودة الألفية لديه زوجان اثنان من السيقان في أغلب حلقاته، وحمار قبان القشري لديه زوج واحد لكل حلقة. أليس هذا رائعا، كل هذه للتعديلات اللانهائية ؟ سيبين لنا الفحص التفصيلي الأدق كيف أن حمار قبان الدودة الألفية يشبه بالفعل الدودة الألفية التقليدية في مئات الجوانب. هكذا فإن المشابهة مع حمار قبان القشري ظاهرة ومتلافة.



حمار قبان دودة ألفية



حمار قبان قشرى

أى عالم حيوان ليس متخصصا إذا رأى صورة الجمجمة التالية لذلك سيقول عنها غالبا أنها تنتمى لكلب. عالم الحيوان المتخصص سيكتشف أنها في الحقيقة ليست جمجمة كلب وذلك عندما يلاحظ الثقبين البارزين في سقف الفم. هذه علامات دالة على سبق أن تناولت مجموعة الحيوانات الثديية الكيسية الرائعة الخاصة بأستراليا في الفصل الذى يدور حول التوزيع الجغرافى للحيوانات. النقطة المهمة فيما يتعلق بها في هذا الفصل هي الالتقاءات المتكررة بين هذه الكيسيات هي وعدد هائل متنوع من الحيوانات المقابلة لها بين الثدييات المشيمية (أى غير الكيسية) التى تغلب على سائر العالم. على الرغم من أن هذه الكيسيات أبعد من أن تتطابق مع مرادفها المشيمى، إلا أنه حتى في الصفات الظاهرية، كما نجد في الصور التوضيحية التالية، فإن كل حيوان كيسى يشبه بدرجة كافية مرادفه المشيمى - بمعنى الحيوان المشيمى الذى يمارس إلى أقرب درجة "المهنة" نفسها - وهذا الشبه يكون بالدرجة الكافية لإثارة إعجابنا، ولكنها لا تتشابه بدرجة تكفى لأن تطرح وجود عملية "اقتراض" في التصميم.



جمجمة الثيلاسين "ذئب تاسمانيا" أو "تمر تسمانيا"

يحدث للجينات إعادة توزيع في المستودع الجيني عن الطريق الجنسي، ويمكننا أن نعتبر هذا كنوع من الاقتراض أو المشاركة في "الأفكار" الجينية، إلا أن إعادة التوليف عن طريق الجنس تقتصر على أن تكون داخل نوع واحد وبالتالي فإنها لا علاقة لها بهذا الفصل، الذي يدور حول المقارنات بين الأنواع: كالمقارنة مثلا بين الثدييات الكيسية والمشيمية. مما يثير الاهتمام أن عملية اقتراض دنا تنتشر بدرجة كبيرة بين البكتيريا. يحدث هذا في عملية تُعد أحيانا كنوع من عملية تبشير بالتكاثر الجنسي، فيحدث في البكتريا - حتى بين سلالات منها بعيدة في درجة القرابة - أن تتبادل "أفكار" دنا في تسبب وتهتك. "اقتراض الأفكار" هو حقا إحدى الطرائق الرئيسية التي تختار بها البكتريا "الحيل" التي تفيدها، كما مثلا في مقاومة مضادات حيوية معينة.

المشيقيات

أكل النمل



الغدا



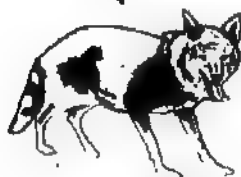
الفل



الأمسوت (قط بري أمريكي)



الغيب



الكيسيات



(أكل الأرضة الأسترالي)



الكول (قط بري أسترالي)



النيلاسون



كثيرا ما تسمى هذه الظاهرة باسم غير دال نوعا وهو "التحول، transformation". سبب ذلك أنه عندما اكتشف فردريك جريفيث هذه الظاهرة في ١٩٢٨ لم يكن أحد وقتها يهتم شيئا عن دنا. كان ما وجده جريفيث أن سلالة غير فوعية من "الستربتوكوكس، Streptococcus" (المكورات السبحية) يمكن أن تلتقط صفة الفوعية من سلالة مختلفة تماما، حتى وإن كانت هذه السلالة الفوعية ميتة. نحن نقول الآن أن السلالة غير الفوعية تدمج في جينومها بعض دنا من السلالة الفرعية الميتة (دنا لا يهمه أن تكون "ميتة"، فهذه فحسب معلومات مشفرة). بلغة من هذا الفصل سنقول أن السلالة غير الفوعية قد "اقترضت" من السلالة الفوعية "فكرة" جينية. عندما نقترض البكتريا جينات من بكتريا أخرى فإن هذا بالطبع أمر يختلف تماما عن أن نقترض عند التصميم بعض أفكار من "أحد الموضوعات الرئيسية" ليعاد استخدامها في موضوع رئيسي آخر. ومع ذلك سيكون الافتراض مثيرا للاهتمام لو كان شائعا في الحيوانات بمثل شيوعه في البكتريا لأنه هكذا سيريد من صعوبة تنفيذ فرض "الاقتراض عند التصميم". ماذا لو كانت الحفائش والطيور تسلك مثل البكتريا من هذا الجانب؟ ماذا لو كان من الممكن نقل شدة من جينوم الطيور، ربما عن طريق العدوى بالبيكتريا أو الفيروسات، ليتم زرعها في جينوم الخفاش؟ ربما سيحدث عندها أن نوعا واحدا من الحفائش ربما سينجس منه الريش فحاة، كنتيجة لأن معلومات دنا التي تشفر للريش قد تم اقتراضها في نسخة جينية من عملية "النسخ واللصق" في الكمبيوتر.

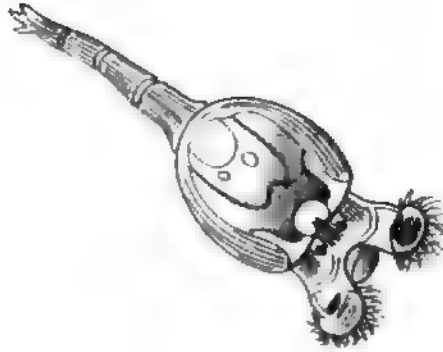
يبدو أن نقل الجينات في الحيوانات يكاد يختلف تماما عن نقلها في البكتريا، فهو يقتصر على أن يحدث فقط بالاجتماع جنسيا داخل النوع. النوع في الحقيقة يمكن إلى حد كبير أن يعرف جيدا على أنه مجموعة من الحيوانات تتشارك في نقل

الجينات فيما بينها هي نفسها. عندما يتم انفصال عشرين من أحد الأنواع للزمن الكافي لئلا يستطيعا بعد تبادل الجينات جنسيا (وعادة يكون ذلك بعد فترة ابتدائية من انعزال جغرافي يُقرض قسرا، كما رأينا في الفصل التاسع) عندها نستطيع أن نعرفهما بأنهما نوعان منفصلا، وأنهما لن يتبدلا أبدا للجينات، إلا إذا كان ذلك يتدخل من الإنسان بالهندسة الوراثية. زميلي جوناثان هود جكن أستاذ الوراثة بأوكسفورد، يعرف فحسب ثلاثة استثناءات مروعة للقاعدة بأن نقل الجينات أمر يقتصر على أن يحدث داخل النوع، وذلك في: اللبدان الخيطية، وذباب العاكهة، وفي الدورات العلقية^(*) (على نحو أكبر).

هذه المجموعة الأخيرة تثير الاهتمام بوجه خاص؛ لأنها تنفرد من بين المجموعات الرئيسية من ذوات النواة الحقيقية بأنها ليس لديها جنس. هل من الممكن أنها استطاعت الاستغناء عن الجنس لأنها قد ارتكبت للطريقة البكتيرية القديمة لتبادل الجينات؟ انتقال الجينات عبر الأنواع هو فيما يبدو أكثر شيوعا في النباتات. هناك نبات من الحامول اسمه "كوسكونا، *Cuscuta*" يتطفل على النباتات الأخرى ويهب الجينات لعائلته الذي يتشابه مجذولا من حوله^(١).

(*) الدورات العلقية: نوع من أبسط وأصغر الحيوانات المتعددة الخلايا، تعيش في المياه العذبة وتحرك بما يشبه العجلة الدوارة، ولها صفات تشبه الحلق. (المترجم)

(١) اعتاد البيولوجيون الاستشهاد بهيموجلوبين النبات كمثل ممكن لاقتراض النبات لدنا من المملكة الحيوانية. النباتات من فصيلة البازلاء (البقليّة) لديها "عقد" فوق جذورها تقطعها بكتريا تحتس البيتروحين من الجو وتجعله متاحا للنباتات. هذا هو السبب في أن المرارعين كثيرا ما يمرضون في دورتهم الزراعية محصولا بقليا مثل البرسيم أو نبات من الأعشاب البقية. فهذا ينفي في الأرض النيتروجين الثمين، خاصة إذا حُرث محصول البرسيم بأسفل. يكون للعقد لون محمر لأنها تحوى شكلا من الهيموجلوبين يشبه الجزء الناقل للأوكسجين الذي يحمل لدنا لونا أحمر. جينات صنع الهيموجلوبين موجودة في جينوم النبات وليس حيوم البكتريا. =



الدوار العلقى

لم يستقر لى رأى بعد حول سياسات الأغذية المعدلة وراثيا، ذلك أن تفكيرى موزع بين الفوائد المحتملة في الزراعة من جانب، وبين غرائز الحذر من الجانب الآخر. إلا أن هناك حاجة لم أسمع بها من قبل تستحق ذكرها هنا بإيجاز. نحن حاليا نلنن الطريقة التى أدخل بها أسلافنا أنواعا من الحيوانات إلى أراضٍ غريبة

- الهموجلوبين مهم للبكتريا التى نحتاج للأوكسجين ويمكن أن ننظر إليه على أنه جزء من الصفة بين البكتريا والنباتات: البكتريا تعطى النباتات نيتروجين قابل للاستعمال، في حين تعطى النباتات للبكتريا ملوى، ولأوكسجين قابلا للاستعمال يتم تسليمه عن طريق الهموجلوبين. حيث أننا قد تعودنا الربط بين الهموجلوبين والدم، فلن من الطبيعى أن نتساءل عما إذا كان هناك جين لصنعه قد تم بطريقة ما " اقتراضه" من جينوم أحد الحيوانات، ربما بنقله بواسطة إحدى الخلايا البكتيرية. سيكون في هذا حقا فكرة قيمة جدا "لاقتراض". لسوء حظ هذه الفكرة الجذابة - فكرة نقل الدم في النهاية - أن أدلة البيولوجيا الجزيئية تبين أن الهموجلوبينات هي من قدامى السكان المقيمة في جينومات النبات، فهي غير مقترضة، وإنما هي موجودة فيها من قدم الزمان.

عنها لمجرد التسلية. أدخل السنجاب الأمريكى الرمادى إلى بريطانيا بواسطة دوق سابق لليفورد: ثم هذا في نزوة طائشة نرى الآن أنها سلوك غير مسئول إلى حد كارثى. من المثير للاهتمام أن نتساءل عما إذا كان علماء التاكسونوميا في المستقبل قد يأسفون للطريقة التى عبث بها جيلنا متلاعبا بالجينومات: كأن تُتغل مثلا حبيات "مضادة للتجمد" من سمك قطبى إلى الطماطم لحمايتها من الصقيع. اقترض العلماء جينا بمنح قنديل البحر وهجا مفلورا وأدخلوه في جينوم البطاطس، بأمل أن تتوهج البطاطس بالضوء عند حاجتها للإرواء. بل أننى قرأت عن "قمار" يخطط للتركيب يتألف من كلاب مضينة، تتوهج بمساعدة من جينات قنديل البحر. هذا النوع من الدعارة العلمية باسم "الفن" المزعوم، فيه ما يهين كل مداركى. ترى هل يمكن للضرر أن يمتد لأبعد ؟ هل يمكن لهذه النزوات اللطائشة أن تقوض من مصداقية الدراسات عن العلاقات التطورية في المستقبل ؟ الواقع أنى أشك في ذلك، ولكن ربما تكون هذه النقطة مما تستحق على الأقل إثارتها، بروح من الاحتراس والحذر. وعلى كل فإن النقطة المهمة بأسرها في مبدأ الاحتراس هي تجنب أى مضاعفات في المستقبل نتيجة خيارات وتصرفات قد لا يكون خطرها واضحا الآن.

القشريات :

بدأت هذا الفصل بالهيكل العظمى للقشريات، وفيه مثل ممتع لنمط غير متغاير يربط بين تفاصيل متغايرة. تكاد كل مجموعة رئيسية أخرى من الحيوانات أن تظهر نفس الحال من الأمور. سأعرض هنا فحصب مثلا آخر واحدا محسبا: وهو عن رتبة عشاريات الأرجل (decapods) من القشريات، المجموعة التى تشمل حراد البحر والجنبرى والسرطانات والسرطان الناسك (وهو فيما يعرض

ليس سرطاناً). تخطيط جسد القشريات كلها يتماثل. بينما يتكون هيكلنا العظمى الفقارى من عظام صلبة في داخل جسم هو فيما عداها جسم لين، نجد أن القشريات لديها "هيكل خارجي" يتكون من أنابيب صلبة، يحتفظ الحيوان في داخلها بأحزانه اللينة حيث يحميها. الأنابيب الصلبة ترتبط معا ولها مفاصل بطريقة تشبه ما عليه عظامنا. دعنا نفكر مثلا في المفاصل الرهيفة في سيقان واحد من السرطانات أو حراد البحر، وفي المفاصل الأقوى للمخلب. العضلات التي توفر قوة قرصة حيوان جراد بحر كبير موجودة داخل الأنابيب التي تشكل المخلب. العضلات المرادفة عندما تقرص يد بشرية شيئا ما، مربوطة بالعظام التي تمر خلال منتصف الأصابع والإبهام.

القشريات، بما يتشابه مع الفقاريات، وإن كان بما يختلف مع قنفذ البحر وقنديل البحر، فيها سمترية بين اليمين واليسار، في سلسلة من الحلقات تحرى بطول الجسم من الرأس للذيل. الحلقات تتماثل إحداها مع الأخرى في تخطيطها الأساسي، ولكنها غالبا تختلف في التفاصيل. تتكون كل حلقة من أنبوبة قصيرة ترتبط معا ارتباطا صلبا، أو ترتبط بمفاصل، مع الحلقتين المجاورتين. كما هو الحال في الفقاريات، نجد أن أجهزة الأعضاء في الحيوان القشري تظهر نمطا متكررا عندما نتابعها من الأمام للخلف. مثال ذلك، أن جذع العصب الرئيسي الذي يحرى بطول الحسم على الجانب البطنى (وليس على الجانب الظهرى كما يفعل الحبل الشوكى في الفقاريات)، له عقدتان اثنتان (نوع من مخ مصغر)^(١) في كل

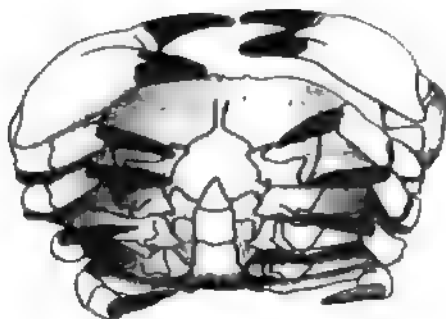
(١) من الحقائق غير المعروفة إلا قليلا أن بعض الديناصورات لها عقدة في حوضها، حجمها نالغ الكبر (على الأقل بالنسبة للمخ في الرأس) بحيث أنها تستحق أن تلقب بالمخ الثانى. وقد ألهم هذا بيرت لبيسون تايلور (١٨٦٦ - ١٩٢١) الكاتب الأمريكى الكوميدي لأن يكتب القصيدة الممتعة الفكاهية التالية:

حلقة، تنبثق منهما الأعصاب التي تُمَد الحلقة. معظم الحلقات لديها طرف في كل جانب، وكل طرف يتكون بدوره من سلسلة من الأنابيب ترتبط معا بمفاصل. الأطراف القشرية تنتهي عادة بتفرع مزدوج يمكن في حالات كثيرة أن نسميه بأنه مخالب. الرأس مقسم أيضا إلى حلقات، وإن كان النمط الحلقي، كما في رأس الفقاريات، أكثر تخفيفا عما في سائر الجسم. هناك خمسة أزواج من الأطراف تكمن في الرأس، وإن كان قد يبدو من الغريب إلى حد ما أن نسميها بالأطراف لأنها قد تم تعديلها لتصبح قرون استشعار (antenna) أو عناصر مكونة في جهاز الفك. وبالتالي فإنها عادة تسمى بالزوائد (appendages) بأولى من أن تسمى بالأطراف. مما لا يكاد يتغير، أن زوائد الرأس الخمس الحلقية، تتألف من قرن الاستشعار الأول (أو قرين الاستشعار)، وقرن الاستشعار الثاني (وكثيرا ما يسمى فحسب بأنه قرن استشعار)، ثم الفك الأسفل، والفك العلوي الأول (أو الفك

أى فكرة إنما تشغل لا غير عمودا قويا	اسطر ذلك الدياصور الجبار ،
إذا وجد مخ منهما أن الضغط شديد	الشهير في معارف ما قبل التاريخ،
فإنه يمرر بعض الأفكار بعيدا للآخر .	ليس فقط لقوته وسلطته
إذا فات مخه الأمامى بعض شيء	ولما لذكائه الممتد .
صفوف يلتقطه المخ الخلقى .	سوف تلحظ في تلك البعايا
وإذا حدث ووقع في خطأ	أن هذا المخلوق لديه مخان -
ستخطر في باله فكرة متأخرة تصححه .	واحد في رأسه (المكان المعتاد) ،
وبما أنه يفكر مرتين قبل أن يتكلم	والآخر عند قاعدة عموده الفقري،
فإنه ليس لديه أحكام تلقى .	وهكذا فإنه يستطيع الاستدلال "مقما"
هكذا فإنه يمكنه أن يفكر بغير احتقان	كما يستطيعه "مؤخرا".
ليتناول كل مسألة من جانبيها .	ما من مشكلة يضيق بها أذننى ضيق
أواه، هيا تقرس في هذا الوحش الأملئ،	إلا ويدركها من رأسها حتى الذيل
الذى قضى من عشرة ملايين سنة على الأقل .	كم هو حكيم ووقور،

العلوى) والفك العلوى الثانى. قُرَبَات وقرون الاستشعار تتشغل غالبا في تحسس الأشياء. الفك السفلى والعليا تتشغل بالضغط، والطحن أو بمعالجة الطعام بغير ذلك. عندما يمضى وراء بطول الجسم، نجد أن الزوائد الحلقية أو الأطراف تتعاير إلى حد كبير، فالوسطى منها كثيرا ما تشكل سيقانا للمشى، في حين أن تلك التى تتنشق من حلقات أقصى المؤخرة كثيرا ما تتضغط لأداء وظائف أخرى مثل السباحة.

سنجد في جراد البحر أو في الجمبرى أنه بعد زوائد حلقات الرأس الخمس المعتادة تكون زوائد أول حلقة للجسم هي المخالب. أزواج الزوائد الأربع التالية هي سيقان المشى. الحلقات التى تحمل المخالب وسيقان المشى تتضم معا باعتبارها الصدر. باقى الجسم يسمى بالبطن. حلقات البطن، على الأقل حتى نصل إلى طرف الذيل، هي "الأرجل العائمة"، زوائد ريشية تساعد على السباحة، وهذا أمر بالغ الأهمية بالنسبة لبعض أنواع الجمبرى برشاقتها الرهيفة. الرأس والصدر في السرطانات تندمج في وحدة واحدة كبيرة، ترتبط معها كل أول عشرة أرواح من الأطراف. البطن مطوى بأزدواج تحت الرأس / الصدر بحيث لا نستطيع أن نراه بأى حال من أحوال. أما إذا قلبنا السرطان على ظهره، فسنرى نمط حلقات البطن بوصوح. الصورة التالية تبين بطن سرطان ذكر بضيقه النموذجي. بطن الأنثى أوسع وتشبه المنزر (المريلة) كما تسمى في الحقيقة. سرطانات الناسك هي على غير المعتاد ببطن غير سمترى (للتلاصق مع الصدفة للرخوة الخالية التى تشكل مأواها)، وهو بطن لين غير مدرع (لأن الصدفة للرخوة توفر للحماية).



سرطان نكر بين البطن الضيق المطوى للخلف

حتى نكون فكرة عن بعض الطرائق المدهشة التي يحدث بها تعديل في تفاصيل جسم القشريات، في حين أن تخطيط الجسم نفسه لا يحدث فيه أى تعديل مطلقاً، دعنا ننظر إلى مجموعات الرسومات في الصفحة التالية والتي رسمها إيرنست هيكل عالم الحيوان المشهور في القرن التاسع عشر، ولعله أكثر الحوريين المتقنين لداروين في ألمانيا (لم يكن هذا التناقض متبادلاً، وإن كان من المؤكد أنه حتى داروين كان سيعجب بموهبة هيكل في الرسم). وكما فعلنا بالضبط مع الهيكل العظمى الفقاري، دعنا ننظر إلى كل جزء من جسد هذه السرطانات هي وجراد البحر، وسنرى، بما لا يفتقار، كيف يمكن أن نجد ما يقابله بالضبط في كل بقى الحيوانات الأخرى. سنجد أن كل جزء من الهيكل الخارجى يتصل بالأجزاء "نفسها"، ولكن أشكال هذه الأجزاء نفسها تختلف اختلافاً بالغا. مرة أخرى فإن "الهيكل" غير متغير، في حين أن أجزاءه تتغير تماماً. ومرة أخرى فإن التفسير الواضح - بل وفيما أقول التفسير الوحيد المعقول - هو أن هذه القشريات كلها قد ورثت تخطيط هيكلها من سلف مشترك، وإن كانت قد صاغت المكونات المفردة في أشكال تتغير بثناء. على أن المخطط نفسه يظل باقياً بالضبط كما ورث عن السلف.

ما الذى كان داركى تومسون سيفعله بالكمبيوتر؟

في ١٩١٧ ألف داركى تومسون عالم الحيوان الكبير الأسكتلندى كتابا أسماه "عن النمر والشكل"، وقد طرح في آخر فصل فيه رأيه المشهور عن "طريقة التحولات"^(١) كان تومسون يرسم أحد الحيوانات فوق ورق رسم بياني، ثم يحرف ورقة الرسم بطريقة رياضية خاصة ويبين أن شكل الحيوان الأصلي قد تحول إلى شكل حيوان آخر له صلة قرابة بالأصل. يمكننا أن نتخيل أن ورقة الرسم البياني هي قطعة من المطاط نرسم عليها الحيوان الأول. وبعدها تكون ورقة الرسم المتحولة المرادف لقطعة المطاط نفسها، وقد مُطت أو شُدت لشكل آخر ببعض طريقة رياضية محددة. مثال ذلك أن تومسون قد أخذ ستة أنواع من السرطان ورسم واحدا منها وهو "الجريون، Geryon" فوق ورقة رسم بياني عادية (الصفحة المطاطة غير المحرفة) ثم حرف بعدها "صفحة المطاطية" للرياضية بخمس طرائق منفصلة، ليتوصل إلى تمثيل تقريبي للأنواع الخمسة الأخرى من السرطان. لا يهمنا هنا تفاصيل الرياضيات، وإن كانت رائعة. ولكننا يمكننا أن نرى بوضوح أن تحويل أحد السرطانات للنوع الآخر لا يتطلب الشيء الكثير. لم يكن داركى تومسون نفسه يهتم اهتماما بالغا بالتطور، إلا أن من السهل علينا أن نتصور ما تفعله الطفرات الجينية حتى تجلب تعيرات مثل هذه. لا يعنى هذا أننا ينبغي أن نفكر في "الجريون" أو أى من هذه السرطانات الستة على أنها سلف للآخرين.

(١) من المؤكد أن داركى تومسون يعد واحدا من أوسع العلماء معرفة بأى حال. وأمره لا يقتصر فحسب على أن كتابته كانت تشتهر بأنها إنجليزية رائعة من النوع الرافى، ولا على أنه عالم رياضة له أبحاثه المنشورة وأنه باحث كلاسيكى وكذلك أستاذ للتاريخ الطبيعى في أقدم جامعة بأسكتلندا، وإنما هو أيضا قد زين كتابه بالاستشهادات بلغات افتترض أنه فى غير حاجة ليزحما (كم تغير الزمان الآن) وهى بلغات لاتينية وإغريقية وإيطالية وألمانية وفرنسية، بل وحتى بروفسالية (وهذه الأخيرة تكرم بالفعل بترجمتها - إلى الفرنسية!).

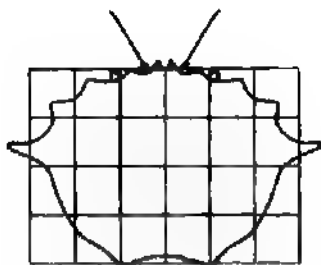


قشريات هيكل.

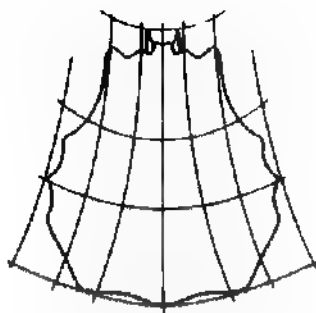
إرنست هيكل كان عالم حيوان ألماني متميز وفنان ممتاز في رسم الحيوان

لم يكن أى منها سلفاً للآخر، وعلى أى حال فإن هذه ليست النقطة المهمة هنا. النقطة المهمة هي أنه لبا كان ما تبدو به السرطانات السلف، فإن التحولات من هذا "الصنف" يمكن أن تغير أى واحد من هذه الأنواع الستة (أو أى سلف مفترض) إلى أى من الآخرين.

لا يحدث التطور قط بأن نأخذ شكل كائن بالغ، ونداعبه بلطف ليتحول إلى شكل نوع آخر. دعنا لا ننسى أن كل كائن بالغ يتلقى من جبين. الطفرات المختارة كان يمكن أن تتج في الجنين المتنامي بأن تغير من معدل سرعة نمو أجزاء من الجسم بالنسبة للأجزاء الأخرى. قد فسرنا في الفصل السابع تطور الجمجمة البشرية كسلسلة من التغيرات في معدل سرعة نمو بعض الأجزاء بالنسبة لأجزاء أخرى، كما تتحكم فيها جينات الجنين المتنامي. وبالتالي، ينبغي أن نتوقع عندما نرسم حمجمة بشرية فوق صفحة "المطاط الرياضى"، أنه سيكون من الممكن فيما ينبغي تحريف المطاط ببعض طريقة رياضية منهجية لتتوصل إلى مشابهة تقريبية لحمجمة ابن عم وثيق القرابة مثل الشمبانزى - أو ربما بتحريف أكبر - تتوصل إلى مشابهة تقريبية لحمجمة ابن عم أكثر بعدا في قرانته، مثل البابون. وهذا هو ما أوضحه بالضبط داركى تومسون. مرة أخرى دعنا نلاحظ أن قرارنا كان تعسفيا عندما رسمنا أولا الجمجمة البشرية، ثم حولناها إلى الشمبانزى والبابون. كان يمكن بما يتساوى مع ذلك أن يرسم تومسون مثلا في أول الأمر الشمبانزى ثم يستببط للتحريفات اللازمة لصنع الجمجمة البشرية وجمجمة البابون. أو ربما يكون بما يثير الاهتمام بأكثر بالنسبة لكتاب عن التطور، وهو ما لم يكنه كتاب داركى، أنه ربما كان سيرسم مثلا جمجمة "الإسترالوبثيكوس" أولا فوق المطاط غير المحرق، ويستببط طريقة تحويلها إلى جمجمة إنسان حديث. من المؤكد أن هذا كان سينجح أيضا بمثل نجاح للصور أعلاه، وسيكون مفعما بالمعنى من الناحية التطورية وبطريقة مباشرة بأكثر.



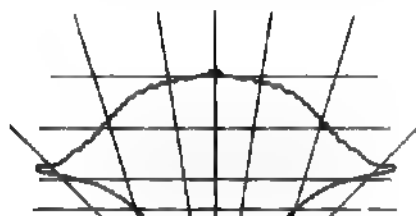
چیریون



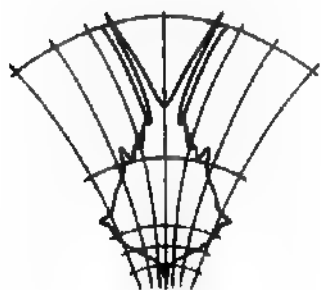
بازا لومیس



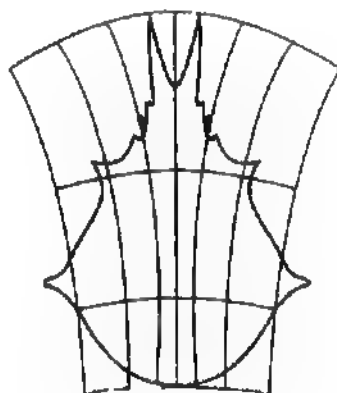
کور یستس



لوبا

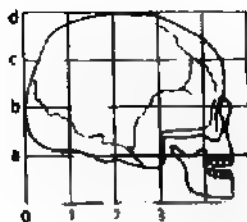


سکیرا ماتیا



کورینوس

تحولات سرطانات دارکی تومسون



بشرى



شمبازى



بابون

١ 'تحولات' جمجمة داركى تومسون ١

طرحت في بداية هذا الفصل فكرة "التشاكل" مستخدما أذرع الخفافيش والبطر كمثل لها. مع اندماجى في استخدام اللغة بمزاج خاص حساس، قلت أن الهياكل العظمية متماثلة في حين أن العظام تختلف. توفر لنا تحولات داركى تومسون طريقة تجعل هذه للفكرة أكثر دقة. في هذه الطريقة من الصياغة، نجد أن عضوين - كما مثلا في يد الخفاش ويد الإنسان - يكونان متشاكلين إذا لمكن أن نرسم أحدهما على صفحة من المطاط ثم نحرف بعدها المطاط لصنع العضو الآخر. الرياضيون لديهم كلمة لذلك هي "تناظر الأجزاء"^(١)، "homeomorphic" بين الأشكال الهندسية.

تبين علماء الحيوان وجود التشاكل في زمن سابق لداروين، فتراهم فيما قبل زمن التطور يصفون مثلا أجنحة الخفافيش وأيدي البشر بأنها متشاكلية. لو أنهم كانوا يعرفون الرياضيات معرفة كافية، لأسعدهم أن يستخدموا كلمة "تناظر الأجزاء". في عهد ما بعد الداروينية عندما أصبح هناك اتفاق عام على أن الخفافيش والبطر يتشاركون في سلف عام، أخذ علماء الحيوان يعرفون التشاكل بمصطلحات

(١) إذا التزمنا بدقة التعبير، يكون الشكلان متناظرين في الأجزاء إذا استطعنا تحريف الواحد منهما ليصبح الشكل الآخر دون أى تكسير له ودون أى لمساة جديدة.

داروينية. التماثلات التشاكلية هي ما يورث من السلف المشترك. أدخلت كلمة "التناظر، analogous" لتستعمل في التماثلات التي ترجع لوظائف مشتركة ولا ترجع إلى سلف مشترك. مثال ذلك أن يوصف جناح الخفاش وجناح الحشرة بأنهما متناظران، في تقابل مع وصف جناح الخفاش ويد الإنسان بأنهما متشاكلان. إذا أردنا أن نستخدم التشاكل كدليل على حقيقة التطور، لن يمكننا استخدام التطور لتعريفه. وإذن، فإنه لهذا الهدف يكون من الملائم الرجوع إلى تعريف التشاكل في رمن ما قبل التطور. جناح الخفاش وذراع الإنسان فيها تناظر في أجزائهما: تستطيع أن تحول الواحد إلى الآخر بأن تحرف المطاط الذي رُسم عليه. ولكنك لا تستطيع أن تحول جناح خفاش إلى جناح حشرة بهذه الطريقة، لأنه لا توجد أحرأ متطابقة. انتشار وجود ظواهر تناظر الأجزاء التي لم تعرف بمصطلحات التطور، يمكن أن تستخدم كدليل على التطور. من السهل ان نرى الطريقة التي يعمل بها التطور مفعوله في أى ذراع فقارى ليحوله لأى ذراع فقارى آخر، وذلك بأن يعبر ببساطة من نسب معدلات النمو في الجنين.

منذ أن أصبحت ملما بالكمبيوترات وأنا طالب جامعى في ستينيات القرن العشرين، وأنا أتساءل عما كان دراكى تومسون سيفعله بواسطة الكمبيوتر. أصبح السؤال ملحا في ثمانينيات القرن العشرين، عندما شاع وجود كمبيوترات بشاشات بشم يمكن تحمل تكلفته (وذلك بالمقارنة بطابعات الورق فحسب). أسلوب الرسم على مطاط معروف ثم تحريف سطح الرسم بطريقة رياضية، ليس إلا "استحذاء صارحا لأن يعالج الأمر بالكمبيوتر! اقترحت على جامعة لوكسفورد أنها ينبغي أن تطلب منحة لتوظيف مصمم برامج ليضع تحولات دراكى تومسون على شاشة الكمبيوتر ويجعلها متاحة للمستخدم بسهولة. حصلنا على التمويل ووظفنا ويل أتكسون، وهو مصمم برامج وبيولوجى من الدرجة الأولى، وقد أصبح صديقا وناصحا لى في مشاريع مبرمجاتى الخاصة. توصل أتكسون إلى حل المشكلة

الصعوبة لمرحلة الذخيرة الغنية من التحريفات الرياضية "المطاط"، وما أن فعل ذلك حتى أصبح من السهل عليه نسبياً أن يدمج هذا اللعب السحري الرياضى في برنامج انتخاب اصطناعى بأسلوب البيومورف، بما يشابه برامجى الخاصة "بالبيومورف" التى وصفتها هنا في الفصل الثانى. وكما في برامجى، يواحه "اللاعب" بشاشة مليئة بأشكال حيوانية، ويُدعى لاختيار واحد منها "لتناسل"، جيلًا بعد جيل. مرة أخرى فإن هناك جينات ظلت باقية خلال الأجيال، ومرة أخرى فإن هذه الجينات أثرت في شكل "الحيوانات". إلا أنه في هذه الحالة أثرت الجينات في شكل الحيوان بواسطة التحكم في تحريف شكل "المطاط" الذى رُسم عليه شكل الحيوان. وإذن، فإنه من الوجهة النظرية من الممكن أن نبدأ مثلاً بحمجة "أوسنر الويثيكوس" مرسومة على "مطاط غير محرف"، ثم يشق التناسل طريقه من خلال مخلوقات يتزايد فيها تدريجياً حجم خزانة مخها ويتناقص تدريجياً طول خطمها - أو بكلمات أخرى مخلوقات يتزايد شبيهها للإنسان. على أنه ثبت من الوجهة العملية أن من الصعب جداً تنفيذ شيء من هذا النوع، واعتقد أن هذه حقيقة تثير الاهتمام في حد ذاتها.

أعتقد أن أحد أسباب صعوبة ذلك هو أن تحولات داركى تومسون هي مرة أخرى تغير شكل حيوان "بالغ" إلى شكل آخر بالغ. وكما سبق أن أكدت في الفصل الثامن، ليست هذه هي الطريقة التى تعمل بها الجينات في التطور. لكل حيوان بمفرده تاريخ للتنامى. فهو يبدأ كجنين وينمو، ويكون نموه بتنامى أحرأ الجسم المختلفة بمعدلات سرعة بلا تناسب فيما بينها، حتى يصل إلى البلوغ. التطور ليس بالتحريف المحكوم حينئذ ليتحول كائن بالغ إلى آخر بالغ؛ وإنما هو تعديل محكوم حينئذ في برنامج للتنامى. أدرك جوليان هكسلى ذلك (وهو حفيد ت. هـ وشفيق ألدوس هكسلى)، ذلك أنه بعد نشر أول طبعة من كتاب داركى تومسون، سرعان ما أحرى هكسلى تعديلاً "طريقة التحولات" حتى يدرس طريقة تحول الأجنة

المبكرة إلى أجنة أكبر سنا أو إلى بالغين. هذا هو كل ما أود أن أقوله هنا عن طريقة تحولات داركي تومسون. سأعود إلى هذا الموضوع في الفصل الأخير لأوضح نقطة هامة لها علاقة به.

كما طرحت في بداية هذا الفصل، فإن الأدلة من الدراسات المقارنة ظلت دائما تفرص نفسها بما هو أقوى من الأدلة من دراسة الحفريات من حيث دعم حقيقة التطور. كلن لداروين نفسه رأى معائل، كما ذكر في نهاية فصله في كتاب "عن أصل الأنواع" عندما تناول "التجاذب المتبادل للكائنات الحية":

"وأخيرا فإنه يبدو لي أن أنواع الحقائق العديدة التي نظرنا في أمرها في هذا الفصل تدل بوضوح بالغ على أن ما لا حصر له من أنواع، وأجناس وعائلات للكائنات الحية التي تقطن محتشدة في هذا العالم، كلها تنحدر سلالتها من آباء مشتركة كل في داخل نطاق طائفته أو مجموعته، وكلها قد تناولها التعديل في سياق انحدار سلالتها، وهكذا ينبغي علىّ دون تردد أن أتخذ هذا للرأى حتى إن لم تكن هناك حقائق أو حجج أخرى تدعّمه".

مقارنات جزئية

ما لم يعرفه داروين، وما لم يكن يستطيع أن يعرفه، هو أن الأدلة المستفادة من الدراسات للمقارنة تصبح حتى أكثر إقناعا عندما تتضمن الوراثة الحربية، بالإضافة إلى المقارنات التشريحية التي كانت متاحة له.

وكما أن الهيكل العظمى الفقارى لا يتغير في كل الفقاريات في حين تختلف العظام المفردة، وكما أن الهيكل الخارجى للقشريات لا يتغير في كل القشريات في حين أن "الأبواب" المفردة تتغير، فإنه يمثل ذلك تماماً نجد أن شفرة دنا لا تتغير في كل الكائنات الحية، في حين أن الجينات المفردة نفسها تتغير. هذه حقيقة مذهلة حقا، وتبين بأوضح من أى شئ آخر أن كل الكائنات الحية تتحد سلالتها من سلف وحيد. والأمر لا يقتصر على الشفرة الجينية نفسها، وإنما يشمل كل منظومة الجين / البروتين التى تجرى بها الحياة، ولتى تتوالها في الفصل الثامن، فهذه المنظومة تتماثل في كل الحيوانات، والنباتات، والفطريات، والبكتريا، والأركيات والفيروسات. ما يتغير هو ما يكتب في الشفرة، وليس الشفرة نفسها. وعندما نحري دراسة مقارنة على ما هو مكتوب بالشفرة - التتابعات الجينية الفعلية في كل هذه المخلوقات المختلفة - سنجد النوع نفسه من شجرة التراتب حسب التشابه. سجد "الشجرة العائلية" نفسها التى وجدناها بالنسبة للهيكل العظمى الفقارى، والهيكل العشري، بل وجدناها في الحقيقة في كل نمط التشابهات التشرحية خلال كل الممالك الحية - ولكننا نجدها عند مقارنة الشفرة الجينية وقد رُتبت على نحو أكثر إتقاناً وإقناعاً.

إذا أردنا أن نستنتج مدى توثق القرابة بين نوعين اثنين - كأن يكون ذلك مثلاً درجة قرابة القنفذ والقرود - سيكون الإجراء الأمثل هو أن ننظر في كل النصوص الحزينية الكاملة لكل جين في النوعين، ونقارن بين كل فقرة وعنوان، وذلك كما قد يفعل الباحث في الكتاب المقدس عندما يقارن بين لفافتي البردى أو الشدف التى كتب عليها سفر أشعيا. ولكن هذا يتطلب وقتاً طويلاً وتكلفة باهظة. استغرق مشروع الجينوم البشرى عشر سنوات تقريباً تمثل عملاً مقداره الكثير من الأفراد / القرون. على الرغم من أنه يمكن الآن إنجاز النتيجة نفسها في جزء أصغر من هذا الوقت، إلا أنه سيظل من المهام الكبيرة المكلفة أن ننفذ مشروعاً

لحينوم التنفيذ. فك شفرة الجينوم البشرى بالكامل هو أحد تلك الإنجازات التي تجعلنى فخورا بأن أكون إنسانا، وذلك بما يماثل مشروع أبوللو للهبوط على القمر، ومشروع جهاز اصطدام الهادرون الكبير الذى تم بدؤه حاليا فى جنيف أثناء كتابتى الآن - لقد هزنى الحجم الهائل لهذا الجهد الدولى حتى أنى بكيت عند ريارته. يسعدنى أن مشروع جينوم الشمبانزى قد تم إنجازه حاليا بنجاح، وكذلك ما يرافقه بالنسبة لأنواع أخرى مختلفة. إذا استمر معدل التقدم الحالى (انظر "قانون هودحكن" فيما يلى) سرعان ما سيغدو من المتاح اقتصاديا تحديد تتابعات الجينوم فى أى نوعين اثنين قد نرغب فى قياس مدى توثق قرابتها كأبناء عمومة. وفى الوقت نفسه، فإنه سيكفى للجزء الأكبر من أهدافنا أن نلجأ لأخذ عينات من أحرار معينة من حيوانات هذه الأنواع، وينجح هذا جيدا إلى حد كبير.

نستطيع أخذ عيناتنا باختيار جينات قليلة معينة (أو بروتينات تتم ترجمة تتابعاتها مباشرة من الجينات) ونقارنها فى كل نوع. وسوف أصل إلى هذا بعد لحظة. إلا أن هناك طرائق أخرى لتنفيذ نوع بدائى أوتوماتيكى من أخذ العينات، والتكنولوجيات اللازمة لأداء ذلك معروفة منذ زمن أطول. إحدى الطرائق المبكرة التى تتجح على نحو مدهش، تستغل الجهاز المناعى للأرنب (نستطيع واقعا أن نستخدم أى حيوان نشاء، ولكن الأرانب تؤدى المهمة جيدا). الجهاز المناعى للأرنب، كحراء من دفاع الجسم الطبيعى ضد العوامل المسببة للمرض، ينتج أجساما مضادة ضد أى بروتين غريب يدخل تيار الدم. وكما أننا نستطيع أن نعرف إذا كان أحد الأفراد قد سبقت إصابته بالسعال الديكى بأن نبحث عن الأجسام المضادة فى دمه، فإننا بمثل ذلك تماما نستطيع أن نعرف ما الذى تعرض له الأرنب فى الماضى بأن نبحث عن الاستجابات المناعية الموجودة حاليا. الأجسام المضادة الموحودة فى الأرنب تشكل تاريخا للصدمات الطبيعية التى توارثها لحمه - بما فى ذلك البروتينات التى تحقق فيه اصطناعيا. إذا حقنت مثلا بروتين شمبارى

في الأرنب، فإن الأجسام المضادة التي يصنعها سوف تهاجم بعدها البروتين نفسه إذا أعيد حقنه. ولكن دعنا نفترض أن الحقنة الثانية تكون من بروتين مرادف، فهي من بروتين غوريلا وليس بروتين شمبانزى؟ سنجد أن تعرض الأرنب من قبل لبروتين الشمبانزى سيمنحه حماية "جزئية" ضد بروتين الغوريلا، إلا أن رد الفعل سيكون أضعف. كذلك فإن بروتين الشمبانزى سيمنح الأرنب حماية ضد بروتين الكنغرو، إلا أن رد الفعل سيظل أضعف مما مع بروتين الغوريلا، باعتبار أن درجة قرابة الكنغرو للشمبانزى، الذي بدأ صنع الأجسام المضادة، أقل كثيرا من قرابة العوريلا للشمبانزى. مدى شدة استجابة الجهاز المناعي للأرنب إزاء الحقن التالية من البروتين فيها قياس لدرجة مشابهة هذا البروتين للبروتين الأصلي الذي حقن به الأرنب أولا. هذه الطريقة التي تستخدم الأرانب هي التي أجرى بها فرنسنت ساريترس وآلان ويلسون تجاربهما بجامعة كاليفورنيا في بركلي، وأثبتا بها عمليا في ستينيات القرن العشرين أن أفراد البشر والشمبانزى على درجة قرابة الواحد بالآخر أوثق مما كان يدركه أى شخص فيما مضى.

هناك أيضا طرائق تستخدم الجينات نفسها، وتقارن بينها مباشرة في الأنواع المختلفة بدلا من المقارنة بين البروتينات التي تشفر لها. إحدى طرائق ذلك الأقدم والأكثر فاعلية طريقة ما يسمى تهجين دنا. تهجين دنا هو ما يكمن أساسا وراء تلك الإفادات التي نراها كثيرا مثل القول بأن: "أفراد الإنسان والشمبانزى يتشاركون في ٩٨ في المائة من جيناتهم". فيما يعرض فإن هناك بعض بلبله حول ما تعنيه بالضبط هذه الأرقام من النسب المئوية. "ما هو" ذلك الشيء الذي يتطابق منه ثمانية وتسعون في المائة؟ الرقم المضبوط يعتمد على مدى حجم الوحدات التي نحصيها. هناك مثل قياس بسيط يوضح الأمر، ويوضحه على نحو مثير للاهتمام، لأن أوجه الخلاف بين المثل والشيء الحقيقي فيها ما يوضح الأمر مثلما توضحه أوجه التماثل. هنا نفترض أن لدينا نسختان من الكتاب نفسه وأتينا نريد المقارنة

بينهما. لعل هذا الكتاب هو سفر دانيال ونحن نريد أن نقارن النسخة المعتمدة مع لفافة قديمة مكتوبة تم اكتشافها توا في كهف يطل على البحر الميت. ما هي النسبة المئوية لتطابق فصول الكتابين. من المحتمل أن تكون صفراً؛ لأن وجود تعارض واحد فقط في أى مكان من فصل بأكمله سيجعلنا نقول أن الكتابين غير متطابقين. نرى ما هي النسبة المئوية لتماثل "الجملة" فيهما؟. ستكون هذه النسبة أعلى بكثير. بل ستكون النسبة حتى أعلى فيما يتعلق بتماثل الكلمات، ذلك أن الكلمات تحوى حروفا أقل مما تحويه الجملة - وبالتالي نقل للفرص لاختلاف التماثل. إلا أن تماثل الكلمات سيظل معرضا للاخفاق إذا اختلف حرف واحد في الكلمة. وبالتالي فإذا وضعنا النصين جنباً إلى جنب وقارنا بينهما حرفاً بحرف، فإن النسبة المئوية للحروف المتماثلة ستكون حتى أعلى من النسبة المئوية للكلمات المتماثلة. وإذن، فإن التقدير "بالتماثل بنسبة ٩٨ في المائة" لا يعنى أى شيء إلا إذا حددنا حجم الوحدات التي نقارن بينها. هل نحن نحصى الفصول، أو الكلمات، أو الحروف أو ماذا؟ يصدق الشيء نفسه عندما نقارن دنا في نوعين. إذا كنا نقارن بين كروموسومات بأكملها فإن النسبة المشتركة تكون صفراً؛ لأن وجود محرد اختلاف ضئيل واحد في بعض مكان بطول الكروموسومات سيؤدى إلى أن نعين أن الكروموسومات مختلفة.

رقم الثمانية والتسعين في المائة الذى يُستشهد به كثيراً حول النسبة المشتركة للمادة الجينية عند أفراد البشر والشمبانزى هو بالفعل لا يشير إلى أعداد الكروموسومات ولا أعداد الجينات الكاملة، وإنما يشير إلى أعداد "حروف" دنا (أو يشير تكبيكاً إلى أزواج القواعد النيتروجينية) التي يتوافق أحدها مع الآخر في داخل حينات البشر والشمبانزى. إلا أنه توجد هنا مشكلة خفية. إذا أحرينا مقارنة للسطور على نحو ساذج، فإن حرفاً "ناقصاً" (أو حرفاً مضافاً) في مقابل ما يعد حرفاً خطأ، سينتج عنه عدم توافق في كل الحروف التالية؛ لأنها كلها ستغدو عندها

مضطربة وقد ضاعت خطوة من ترتيبها (إلى أن يحدث خطأ في الاتجاه الآخر ليحل الحروف تعود إلى الانتظام ثانية). من الواضح أن ليس من الإنصاف أن نجعل تقدير التعارضات متضخما بهذه الطريقة. عين الباحث التي تسمح لفافتين لسفر دانيال سوف تتغلب على ذلك أوتوماتيكيا بطريقة يصعب تقديرها كميا. كيف يمكننا أن نفعل ذلك مع دنا؟ عند هذه النقطة سنترك قياسنا بالتماثل بين الكتب واللفائف وننتقل مباشرة إلى الشيء الحقيقي؛ لأنه كما يتفق، فإن هذا الشيء الحقيقي - دنا - يسهل فهمه أكثر من القياس بالتماثل!

عندما نسخن دنا تدريجيا سنصل إلى إحدى درجات الحرارة - التي تقترب من 85° م - حيث تنكسر الروابط بين خيطي اللولب المزدوج، وينفصل الخيطان اللولبيان. يمكننا أن نعتبر أن درجة حرارة 85° م، أو أيا ما تكون درجة الحرارة اللازمة، على أنها "درجة انصهار" دنا. إذا بردت درجة الحرارة ثانية، فإن كل حيط واحد لولبي سوف ينضم مرة أخرى لتفائيا مع خيط لولبي واحد آخر، أو مع شذفة من لولب واحد، أينما يجد أيا منهما ما يستطيع أن يزوج معه، مستخدما النظام العادي الذي يتم به ازواج للقواعد النيتروجينية للولب المزدوج. ربما يعتقد الفارئ أن هذا الخيط سيكون دائما ذلك الخيط الشريك الذي انفصل مؤخرا، وهو بالطبع يتوافق أكمل للتوافق مع الخيط الآخر. يمكن حقا أن يحدث ذلك، إلا أن ما يحدث عادة لا يكون منظما هكذا. شظايا دنا تعثر على أي شظايا أخرى لدينا يمكن أن تزدوج معها، وعادة لا تكون هذه الشظايا هي بالضبط من الشريك الأصلي. بل إننا في الحقيقة لو أضفنا دنا من نوع آخر من الكائنات، فإن شظايا الخيوط الفردية تكون قادرة تماما على الانضمام مع شظايا من خيوط منفردة من دنا النوع الخطأ، ويكون هذا بطريقة تماثل تماما للطريقة التي تنضم بها إلى خيوط فردية من النوع الصحيح. ولماذا لا ؟ أحد الاستنتاجات الرائعة من ثورة البيولوجيا الجزيئية التي قام بها واطسون وكريك أن دنا ليس إلا دنا لا غير. دنا لا يهتم بما إذا كان دنا

البشرى، أو دنا شميانزى، أو دنا التفاع. الشظايا تزدوج بسعادة مع الشظايا المكتملة لها أينما تجدها. ومع ذلك فإن قوة الارتباط لا تكون دائما متساوية. أطوال دنا من الخيط الفردى ترتبط مع الخيط الفردى الذى يتوافق معها ويكون هذا الارتباط محكما بأقوى مما يحدث عند ارتباطها بخيط فردى أقل شيها لها. سبب ذلك أن عددا أكبر من "حروف" دنا (أو القواعد النيتروجينية لواطسون وكريك) يجد نفسه في موضع إزاء شركاء لا يستطيع أن يزدوج معها. وبالتالي فإن ترابط الخيطين يغدو أضعف - ويشبه هذا زماما منزلقا (كسوستة ضم للملابس) تنقصه بعض أسنانه.

كيف يمكن أن نقيس قوة الترابط هذه، بعد عبور الشظايا التى تنتمى لنوعين مختلفين إحداها على الأخرى لتتضم معا ؟ يتم ذلك بطريقة بسيطة على نحو يكاد يكون مضحكا. سقيس "درجة حرارة انصهار" الروابط. لعل القارئ يذكر أى قلت أن درجة حرارة انصهار دنا المجدول في خيطين تقرب من ٨٥° م. يصدق هذا على دنا الطبيعى المجدول في خيطين متوافقين تماما، كما يحدث مثلا عندما "ينصهر" خيط من دنا البشرى منفصلا عن الخيط المكمل له من دنا البشرى. أما عندما يكون الارتباط بين الخيطين ضعيفا - مثل ما يحدث عندما يرتبط خيط بشرى مع خيط شميانزى - فسيكفى لكسر الارتباط درجة حرارة أقل قليلا. وعندما يرتبط خيط دنا البشرى مع خيط دنا من ابن عم أبعد في درجة قرابته، كالمسك أو الضفادع، سيكفى لكسر الارتباط والانفصال درجة حرارة أقل مما سبق. الفرق في درجة حرارة الانصهار في حالة ارتباط خيط دنا بخيط آخر من نوعه نفسه، وبين درجته عندما يكون خيط دنا مرتبطا بخيط من نوع آخر، هذا الفرق هو مقياسا للبعد الوراثى بين النوعين. هناك قاعدة مبنية على التجربة العملية مفادها أنه عندما تنخفض "درجة الانصهار" بمقدار درجة سلسيوس واحد فإن هذا يفاصل

تقريباً احصاها بمقدار واحد في المائة في عدد حروف دنا المتوافقة (أو زيادة من واحد في المائة في عدد الأسنان المفقودة في زمام الإغلاق).

لهذه الطريقة مصاعبها التي لن أدخل فيها، كما أن لها مشاكلها الخادعة التي تتطلب حلولاً بارعة. مثال ذلك، أنه عند مزج دنا الإنسان مع دنا الشمبانزي، فإن الكثير من شطايا دنا البشرى سوف ترتبط بالشطايا الأخرى من دنا البشرى، كما أن الكثير من شطايا دنا الشمبانزي سوف ترتبط مع الشطايا من نوعها. بما أن ما نريده حقا هو أن نقيس "درجة انصهار" دنا المهجن، كيف نتمكن من فصل دنا المهجن هذا عن دنا "النوع المتماثل" ؟ الإجابة هي بحيلة بارعة تتضمن الوسم المسبق بواسطة مشعة. على أن تفاصيل ذلك ستأخذنا بعيداً إلى حد كبير عن مسارنا. النقطة المهمة هنا هي أن تهجين دنا هو التكنيك الذي قاد العلماء إلى أرقام مثل رقم ٩٨ في المائة فيما يتعلق بالتماثل الجيني بين البشر والشمبانزي، وهي التي نتج عنها نسب مئوية أقل، بما يمكن التنبؤ به، عندما تنتقل بالمقارنة إلى أرواح من الحيوانات أبعد في درجة قرابتها.

أحدث طريقة لقياس التماثل من مجموعتين من الجينات المتوافقة تتميان لنوعين مختلفين هي الطريقة المباشرة لأقصى حد والأعلى تكلفة لأقصى حد: وهي أن نقرأ بالفعل تتابع الحروف في الجينات نفسها، باستخدام الطرائق نفسها التي استخدمت في مشروع الجينوم البشرى. على الرغم من أن هذه الطريقة لا تزال مرتفعة التكلفة عند مقارنة الجينوم بأكمله، إلا أننا نستطيع الحصول على تقريب جيد عند إجراء المقارنة بين عينة لا غير من الجينات، وهذا هو ما يتم أدائه الآن على نحو متزايد.

أيما كان التكنيك الذي نستخدمه لقياس التماثل بين نوعين، سواء كان ذلك باستخدام الأجسام المضادة في الأرانب، أو درجات حرارة الانصهار، أو التحديد

المباشر للتتابعات، فإن الخطوة التالية هي نفس الخطوة إلى حد كبير. بعد الحصول على رقم وحيد يمثل درجة التماثل بين أفراد كل زوج من الأنواع، سنضع هذه الأرقام في جدول. هيا نأخذ مجموعة من الأنواع ونكتب أسماءها بالترتيب نفسه بالنسبة لعناوين العمود وكذلك بالنسبة لعناوين الصف الأفقي. ثم نضع بعدها النسبة المئوية للتماثل في الخانات الملائمة. سيكون الجدول مثلًا (نصف مربع)، وسبب ذلك مثلًا أن النسبة المئوية للتماثل بين الإنسان والكلب ستكون نفس نسبة التماثل بين الكلب والإنسان. وبالتالي فعندما نملأ كل الجدول المربع، فإن كلا من النصفين على أي جانب من جانبي نصف القطر سيكون صورة مرآة للآخر.

والآن ما هو نوع النتائج التي ينبغي أن نتوقعها؟ حسب نموذج التطور ينبغي أن نتنبأ بأننا سنجد أنفسنا ونحن نضع درجة مرتفعة في الحاة التي تربط بين الإنسان والشمبانزي؛ ونضع درجة أقل في الخانة التي تربط بين الإنسان والكلب. من الوجهة النظرية ينبغي أن يكون في خانة الإنسان / الكلب درجة تشابه تماثل الدرجة في خانة الشمبانزي/ الكلب لأن أفراد البشر والشمبانزي لديها بالضبط الدرجة نفسها من علاقة القرابة بالكلاب. وينبغي لهذه الدرجة أن تتماثل أيضا في حاة القرد/ الكلب وخانة الليمور / الكلب. سبب ذلك أن أفراد البشر، والشمبانزي، والقردة، والليمور كلها ترتبط بالكلب عن طريق السلف المشترك لهم، وهو أحد الرئيسيات المبكرة (وربما يبدو بعض الشيء شبيها للليمور). ينبغي أن تظهر الدرجة نفسها في خانات الإنسان/القط، والشمبانزي/القط، والليمور/القط؛ وذلك لأن القط والكلاب على علاقة قرابة بكل الرئيسيات عن طريق السلف المشترك لكل اللاحمات. ينبغي أن تكون هناك درجة أقل كثيرا في كل الخانات التي تجمع الحبار مثلا مع أي ثديي - وتكون هذه الدرجة على نحو مثالي متساوية في انخفاضها. ولن يكون مهما أي حيوان ثديي سنختاره، حيث أنها كلها تتساوى في بعد علاقتها بالحبار.

هذه توقعات نظرية لها قوتها، إلا أنه من الوجهة العلمية لا يوجد أى سبب يمنع انتهاكها، ولو تم انتهاكها، فإن هذا سيكون دليلاً ضد التطور. يثبت في النهاية أن ما يحدث فعلاً - في حدود هامش إحصائي للخطأ - هو ما ينبغي أن نتوقعه بناء على ما يفترض من أن للتطور قد حدث. هذه طريقة أخرى لأن نقول أننا عندما نضع مسافات الأبعاد الوراثية بين أزواج من الأنواع على أطراف شجرة، فسوف تمضي الأمور كلها منطقياً بطريقة مرضية. وبالطبع فإن هذا السياق المنطقي لا يكون مثالياً تماماً. التوقعات الرقمية في البيولوجيا نادراً ما يحدث أن تتحقق بما هو أفضل في دقته من التقريب.

يمكن استخدام أدلة الدراسات المقارنة لدينا (أو البروتين) حتى نقرر - بناء على افتراض التطور - أى أزواج من الحيوانات تكون على علاقة قرابة كأبناء عمومة بأوثق مما مع الحيوانات الأخرى. إن ما يجعل هذا يتحول إلى أدلة بالغة القوة بشأن التطور هو أننا نستطيع إنشاء شجرة تشابهات جينية مستقلة بالنسبة لكل جين بدوره. النتيجة المهمة لذلك أن كل جين ينتج عنه تقريباً الشجرة نفسها للحياة. مرة أخرى فإن هذا بالضبط ما ينبغي أن نتوقعه إذا كنا نتعامل مع شجرة عائلية حقيقية. ليس هذا ما نتوقعه لو كان هناك تصميم يوضع للحيوانات ويتم مسح المملكة الحيوانية كلها لالتقاط أو اختيار أو "افتراض" أفضل بروتين يؤدي المهمة أينما يُعثر عليه في المملكة الحيوانية.

أقدم دراسة أجريت على نطاق واسع على أساس هذه الخطوط أجراها مجموعة من علماء الوراثة في نيوزيلندا يقودهم الأستاذ دافيد بنى. تناولت دراسة مجموعة "بنى" خمسة جينات هي وإن لم تكن جينات متطابقة عند كل الثدييات إلا أنها تتشابه بالدرجة الكافية لاكتسابها الاسم نفسه في كل الثدييات. التفاصيل هنا ليست مهمة، ولكن من باب المعرفة فإن الجينات الخمسة هي جينات لهيموجلوبين "إيه، A"، وهيموجلوبين "بى، B" (الهيموجلوبينات تعطي الدم لونه الأحمر)، ومادة بيتيدالفيرين "إيه، A"، وبيتيدالفيرين "بى، B" (تستخدم بيتيدات الفيرين في تجلط

الدم)، وسيتوكروم "سى،C" (وهو يلعب دورا مهما في الكيمياء الحيوية الخلوية). اختيار العلماء أحد عشر حيوانا ثدييا لهذه الدراسة المقارنة وهى حيوانات من قرد ريسوس، والخروف، والحصان، والكنغرو، والجرد، والأرنب، والكلب، والخنير، والإنسان، والبقرة، والشمبانزى.

اتخذ "بنى" وزملاؤه أسلوب تفكير إحصائى. أرادوا أن يصبوا درجة احتمال أن ينتج عن حريئين الشجرة العائلية نفسها بمحض الحظ، وذلك عندما لا يكون التطور حقيقة. وبالتالي، فقد حاولوا تصور كل الأشجار الممكنة التى يمكن أن تنتهى إلى ذرية من أحد عشر فردا. كان العدد كبيرا بما يذهل. حتى لو قيدنا أنفسنا بأشجار "تفرع ثنائيا" (بمعنى أنها أشجار تنقسم فروعها إلى اثنين فقط ولا تتشعب ثلاثيا أو إلى شعب أكثر)، فإن العدد الكلى للأشجار الممكنة يزيد عن ٣٤ مليون شجرة. هل سينظر العلماء بصير أمر كل شجرة من الأربعة والثلاثين مليونا ويقاربوا كل واحدة منها بالأشجار الأخرى التى يبلغ عددها ٣٣٩٩٩٩٩٩ شجرة؟ بالطبع لا، لم يفعلوا ذلك! سوف يستغرق ذلك بالكمبيوتر زمنا أطول مما ينبغي. إلا أنهم استكروا بالفعل طريقة تقريب إحصائى بارعة، فيها مرادف مختصر لهذه الحسابات الضخمة.

فيما يلى طريقة عمل هذا التقريب، أخذوا أول الجينات الخمس، وليكن هيموجلوبين A مثلا (سأستخدم في كل الحالات اسم البروتين ليرمز للجين الذى يشعر لهذا البروتين). أراد العلماء أن يعثروا من بين كل هذه الملايين من الأشجار على الشجرة التى تكون الأكثر "اقتصادا أو بخلا" فيما يختص بهيموجلوبين A. الاقتصاد أو البخل هنا يعنى "ما يحتاج إلى افتراض أننى حد من التغير التطورى". وكمثل، فإن ألاف من تلك الأشجار تفترض أن أقرب ابن عم للإنسان هو الكنغرو فى حين تفترض أن أفراد البشر والشمبانزى على علاقة قرابة أبعد، هذه الأشجار يثبت أنها ليست مطلقا مقصدة أو بخيلة: فهى تحتاج لافتراض الكثير من التغير

التطوري حتى تؤدي إلى نتيجة مفادها أن أفراد الكنغرو والإنسان لها سلف مشترك حديث. الحكم الذي سيصدره هيموجلوبين A سيكون حسب الأسس التالية:

هذه شجرة مروعة لا تتسم مطلقا بالانقصاد. لا يقتصر الأمر على أنى سأجد أن على أن أبذل الكثير من الجهد في الطفر حتى أنتهى إلى أن أكون مختلفا هكذا في أفراد البشر والكنغرو، على الرغم من قرابتنا كأبناء عمومة وثيقة حسب هذه الشجرة، وإنما سيكون على أيضا أن أبذل الكثير من الجهد في الطفر في الاتجاه الآخر، حتى أضمن أنه على الرغم من الانفصال الكبير بين البشر والشمباتزى في هذه الشجرة بعينها، إلا أن أفراد البشر والشمباتزى ينتهون على نحو ما إلى هيموجلوبين A يتماثل فيهما كل هذا التماثل. إننى أعطى صوتى ضد هذه الشجرة.

سيصدر هيموجلوبين A حكما من هذا النوع، وستكون بعض الأحكام محددة عن الأخرى فيما يتعلق بكل شجرة من الأربعة والثلاثين مليون شجرة، وسينتهى الأمر أخيرا إلى اختيار عشرات قليلة من الأشجار التى ترقى لمرتبة القمة. بالنسبة لكل شجرة من أشجار القمة هذه سيقول هيموجلوبين A عنها شيئا يشبه التالي:

هذه الشجرة تجعل أفراد البشر والشمباتزى في وضع كأبناء عمومة وثيقة، وتضع الغنم والبقر كأبناء عمومة وثيقة، وتضع أفراد الكنغرو في وضع غريب منفردة وحدها. ثبت في النهاية أن هذه شجرة جيدة جدا؛ لأنها لا تكاد تكلفنى أى جهد في الطفر بأى حال حتى أفسر التغيرات التطورية.

هذه شجرة اقتصادية بامتياز. تنال هذه الشجرة صوت

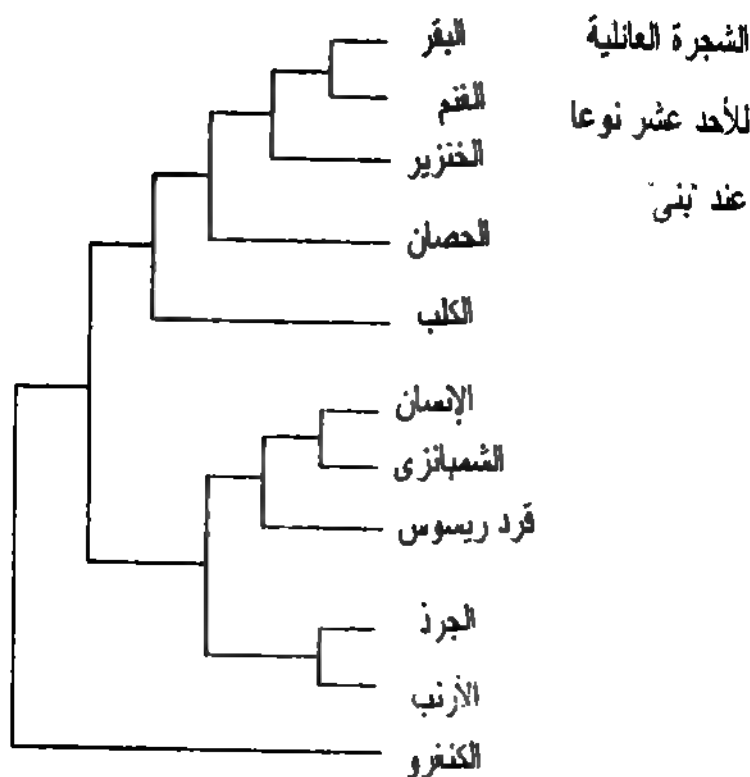
هيموجلوبين A !

سيكون رائعا بالطبع لو أن هيموجلوبين A، هو وكل جين آخر أمكها أن تصل جميعا إلى شجرة وحيدة فيها أقصى درجة من الاقتصاد، ولكننا هكذا نطلب أكثر مما ينبغي. ما يمكن فحسب توقعه من بين أربعة وثلاثين مليون شجرة هو أنه ينبغي أن يوجد العديد من أشجار تختلف اختلافا بسيطا وترتبط بهيموجلوبين A ارتباطا ترقى درجته للقيمة.

والآن ماذا عن هيموجلوبين "بى" ؟ وماذا عن سيتوكروم "سى" ؟ كل واحد من البروتينات الخمسة له الحق في أن يكون له صوته الخاص المستقل، وأن يجد شجرته الخاصة المفضلة (أى للشجرة الأكثر اقتصادا) من بين الأربعة والثلاثين مليون شجرة. سيكون من الممكن تماما لسيتوكروم سى أن يعطى صوته بطريقة مختلفة بالكامل بشأن أى شجرة هي الأكثر اقتصادا. قد يثبت في النهاية أن سيتوكروم سى عند البشر هو حقيقة مماثل جدا لما عند الكنغرو، ومختلف جدا عما عند الشمبانزى. وبدلا من أن يقر سيتوكروم سى بعلاقة الأزواج الوثيقة بين الغنم والبقر كما بينها هيموجلوبين A، فإن سيتوكروم سى ربما يجد أنه لا يكاد يحتاج إلى أى طفر مطلقا حتى توضع الغنم في علاقة وثيقة جدا مع القروء مثلا، وحتى يوضع النقر في علاقة وثيقة جدا مع الأرانب. حسب ما يفترضه التكوينيون لا يوجد سبب لآلا يحدث هذا فيما ينبغي. إلا أن ما وجدته "بنى" ورملاؤه فعلا هو أن هناك درجة اتفاق مرتفعة بما يذهل بين البروتينات الخمسة كلها (كما استخدم هؤلاء العلماء أيضا أساليب إحصائية أكثر براعة لتبين كيف أنه من غير المرجح أن يكون هذا التوافق بالصدفة). البروتينات الخمسة كلها "أعطت أصواتها" إلى حد كبير للمجموعة الفرعية نفسها من الأشجار فيما بين الأربعة والثلاثين مليون

شجرة. هذا بالطبع ما ينبغي أن نتوقعه بالضبط بافتراض أن هناك فقط شجرة واحدة حقيقية تربط كل الحيوانات الأحد عشر في علاقة قرابة، وإنها لهي الشجرة "العائلية": شجرة للعلاقات التطورية. يضاف إلى ذلك أن شجرة التوافق العام التي صوّت لها الجزيئات الخمسة كلها يثبت في النهاية أنها الشجرة نفسها التي استنتجها علماء الحيوان من قبل بناء على الأسس التشريحية والباليونولوجية، وليس على الأسس الجزيئية.

نُشرت دراسة "بنى" في ١٩٨٢، أي أنها الآن مضي عليها زم طويل. شهدت هذه الفترة من تلك السنوات التي انقضت تزايداً هائلاً في الأدلة التفصيلية عن التحديد الدقيق لتتابعات الجينات في الكثير والكثير من أنواع الحيوانات والنباتات. الاتفاق على الأشجار الأكثر اقتصاداً يمتد الآن لما هو أبعد كثيراً من الأحد عشر نوعاً والجزيئات الخمسة التي درسها "بنى" وزملاؤه. كانت دراستهم هذه مجرد مثل رائع، له قوته الغامرة كما ثبت من أدلتهم الإحصائية. النتيجة الكلية لبيانات تحديد تتابعات الجينات المتاحة الآن تجعل الأمر يتجاوز أي شك يمكن تصوره. لدينا ما هو أكثر اقناعاً إلى حد أبعد كثيراً حتى من أدلة الحفريات (وهي أدلة مقبولة إلى حد كبير)، وهو أن الأدلة من دراسات المقارنة بين الحيات تتلاقى بسرعة وبحسم عند شجرة ضخمة واحدة للحياة. الرسم أعلاه فيه شجرة للأحد عشر نوعاً في دراسة "بنى"، وهي تمثل تصويماً حديثاً بتوافق عام تدلى به أجزاء كثيرة من الجينوم الثديي. هذا الاتساق في الاتفاق بين كل الجينات المختلفة في الجينوم هو ما يعطينا الثقة، ليس فحسب في دقة الانضباط تاريخياً في شجرة التوافق العام نفسها، وإنما يعطينا الثقة أيضاً في أن التطور قد حدث حقاً.



إذا واصلت تكنولوجيا الوراثة الجزيئية توسعها بمعدل سرعتها التي تتزايد حاليا زيادة أسيّة، فإنه بحلول ٢٠٥٠ سيكون للتوصل لتحديد التتابع الكامل للقواعد في جينوم الحيوان رخيصا وسريعا ولا يكاد يكلف أكثر مما يكلفه قياس درجة حرارة الحيوان أو ضغط دمه. لماذا أقول أن التكنولوجيا الوراثية تتوسع بمعدل أسي؟ هل يمكننا حقا قياس ذلك؟ هناك ما يوازي ذلك في تكنولوجيا الكمبيوتر ويسمى قانون "مور". سمى هذا القانون على اسم جورج مور، أحد مؤسسي شركة "إنتل" لرفائق الكمبيوتر، ويمكن التعبير عن هذا القانون بطرائق مختلفة؛ لأن هناك قياسات عديدة لقدرة الكمبيوتر يتصل أحدها بالآخر. تقرر إحدى نسخ هذا القانون أن عدد الوحدات التي يمكن حشدها في دائرة متكاملة بحجم معين

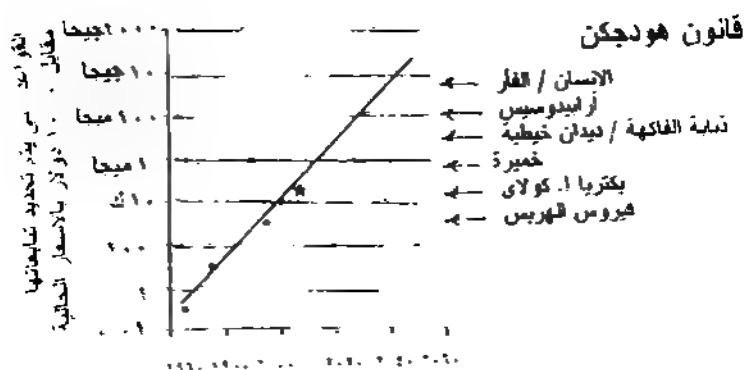
بتضاعف كل ثمانية عشر شهرا إلى سنتين أو ما يقرب. هذا قانون إمبريقي، بمعنى أنه بدلا من أن يُستقى من بعض نظرية، فإنه يثبت في النهاية صدقه عدما نفيس البيانات. وقد ظل هذا القانون صحيحا حتى الآن بما يقرب من خمسين سنة، ويعتقد خبراء كثيرون أنه سيزل كذلك على الأقل لعقود قليلة أخرى. هناك نزعات أسية أخرى بزم تضاعف مماثل، ويمكن اعتبارها بمثابة نسخ أخرى من قانون مور، ويشمل ذلك تزايد سرعة الحوسبة، وحجم الذاكرة، بالنسبة لتكلفة الوحدة. نزعات التزايد أسيا تؤدي دائما لنتائج مذهلة، الأمر الذي أثبتته داروين عمليا بمساعدة ابنه جورج العالم الأحصائي، عندما أخذ الفيل مثالا للحيوان الذي يتكاثر ببطء، وبين أنه في خلال قرون قليلة لا غير من التنامي الأسى بلا قيود، سنجذ أن السلالة المنحدرة من زوج واحد من الفيلة سوف تغطي سطح الأرض. لا حاجة هنا لأن نقول أن تنامي عشيرة الفيلة لا يجرى عمليا على نحو أسى. فهناك عوامل تقيد مثل التنافس على الطعام والمكان، والمرض، وعوامل كثيرة أخرى. كانت هذه في الحقيقة هي النقطة الأساسية عند داروين، فها هنا يخطو الانتخاب الطبيعي دلحلا.

على أن قانون مور قد ظل يعمل بالفعل لما يقرب من الخمسين سنة على الأقل. ليس لدى أى فرد أى فكرة بالغة الوضوح عن السبب في أن قياسات مختلفة لقدرة الكمبيوتر هي من الوجهة العملية قد تزايدت أسيا بالفعل، بينما نزعة فيل داروين للتزايد أسيا لا تحدث إلا من الوجهة للنظرية. وقع في خاطري أنه ربما يكون هناك قانون مماثل يعمل بالفعل في التكنولوجيا الوراثية وتحديد تنابعات D N A. طرحت ذلك على جوناثان هودجكن أستاذ الوراثة في أوكسفورد (وكان في وقت ما طالبا جامعا عندى). ولساعدنى تبين أنه أيضا قد فكر في ذلك من قبل - وأنه قد قاس ذلك وهو يُعد لاقاء محاضرة في مدرسته القديمة. قدر

هودجكن تكلفة تحديد تتابع طول معيارى من دنا في أربعة أوقات من التاريخ هي سنة ١٩٦٥ و ١٩٧٥ و ١٩٩٥ و ٢٠٠٠. حولت لنا أرقامه إلى كم التتابعات التى تُحدد بانفاق كذا دولار أو "ما هو مقدار DNA الذى يمكن تحديد تتابعاته بألف دولار؟" رسمت الأرقام على ورق رسم بيانى بتدريج لوغارىتمى؛ احترته لأن نزعة التزايد الأسية تظهر دائما كخطاً مستقيماً عندما تُرسم لوغارتميا. ليس هناك أى شك في أن نقط هودجكن الأربع تقع جيدا على خط مستقيم. رسمت الخط الملائم للنقاط الأربع (انظر طريقة تكنيك الارتداد المستقيم في أحد هوامش الفصل الخامس) ثم سمحت لنفسى بأن أمد الخط لينطلق في المستقبل. عرضت هذا الجزء من الكتاب على الأستاذ هودجكن في وقت قريب هو بالضبط عندما أرسلت الكتاب إلى المطبعة، وأحبرنى هودجكن بأحدث بيانات يعرفها بهذا الشأن: في ٢٠٠٨ تم تحديد جينوم البلاتيوس ذى المنقار الشبيه بالبط (البلاتيوس اختصارا حيد بسبب موضعه الإستراتيجى في شجرة الحياة: السلف الذى يشترك فيه البلاتيوس معنا عاش منذ ١٨٠ مليون سنة، وهذا يقرب من ثلاثة أمثال الزمن الذى مضى منذ انقراض الديناصورات). رسمت نقطة البلاتيوس كنجمة في الرسم البيانى، وبسطيع القارئ أن يرى أنها قريبة إلى حد كبير من امتداد الخط الذى تم حسابه على أساس البيانات المبكرة.

ممال خط ما أسميه الآن (يدون إذن) بأنه قانون هودجكن هو فحسب أقل عمفا بقليل عن ممال قانون مور. زمن التضاعف يزيد قليلا عن السنتين، في حين أن زمن التضاعف لقانون مور أقل قليلا من السنتين. تكنولوجيا دنا تعتمد اعتمادا شديدا على الكمبيوترات، وبالتالي فإن من حسن التخمين أن يقال أن قانون هودجكن يعتمد على الأقل جزئيا على قانون مور. في الرسم التالى تدل الأسهم الى

اليمبر على أحجام جينومات الكائنات المختلفة. عندما نتابع سهمها تحاه اليسار حتى يصل إلى خط ممال قانون هودجكن، سنتمكن من الوصول لقراءة لتقدير الوقت الذى يمكن عنده تحديد تتابع جينوم بالحجم نفسه مثل حجم الكائن موضع الدراسة مقابل ١٠٠٠ دولار فقط (من النقد الحالى). بالنسبة لجينوم في حجم الحميرة سنحتاج للانتظار فقط حتى ٢٠٢٠



الارتداد الممستقيم وقد رسم فى تلامع مع نقاط اربعة بيانات،
ثم مد التقدير استقرانيا إلى ٢٠٥٠

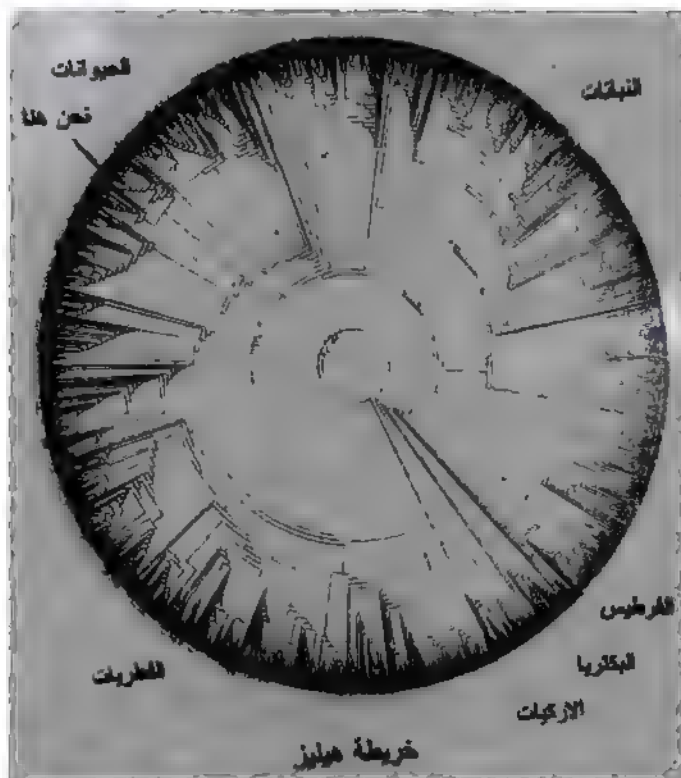
تقريبا. بالنسبة إلى جينوم جديد لأحد الثدييات يكون التاريخ التقديرى قريبا تماما من ذلك الجانب من سنة ٢٠٤٠ (من حيث ما يخص هذا النوع من الحساب التقريبى السريع على ظهر ظرف خطاب، فإن الثدييات كلها تتساوى في علو تكلفتها). إنها لتوقعات مبهجة: سيتم للحصول على قاعدة بيانات ضخمة لتتابعات دنا، بسهولة وبتكلفة رخيصة من كل أرجاء المملكتين الحيوانية والنباتية. الدراسات المقارنة التفصيلية لدينا سوف تملأ الثغرات في معرفتنا فيما يتعلق بدرجة القرابة التطورية الفعلية لكل الأنواع أحدها بالآخر: سوف نعرف بيقين كامل كل الشجرة

العائلية لكل الكائنات الحية^(١). لا يعلم سوى الآلهة كيف سنرسم خريطتها، فهي لن تتلاءم مع أى صفحة ورق بحجم عملى.

حتى الآن، فإن أكبر المحاولات حجما في هذا الاتجاه هي ما أجراه فريق مصاحب لدافيد هيليز، شقيق داني هيليز الذى كان رائد العمل لواحد من أول الكمبيوترات الفائقة. تجعل خطة هيليز الصورة التوضيحية للشجرة أكثر اندماحا بأن تضمها ملفوفة في دائرة. لن نستطيع أن نرى الثغرة حيث يكاد يلتقى الطرفان، ولكنها موحودة بين "البكتريا" و"الأركيات". حتى نرى كيف تتجح الخريطة الدائرية في عملها، هيا ننظر إلى النسخة المختصرة اختصارا كبيرا المرسومة بالوشم على ظهر د. كلير دالبرتو بجامعة مليبورن التى تتحمس لعلم الحيوان تحمسا يتخللها لأعمق من حلداه. تفضلت كلير بأن سمحت لى بنسخ الصورة الفوتوغرافية في هذا الكتاب (انظر صفحة ١٨٤ الملونة). يتضمن رسمها الموشوم عينة صغيرة من

(١) ربما تستدعى عبارة "كل الكائنات الحية ذكر ملحوظة للتحذير. في جزء سابق من هذا الفصل رأينا كيف أن مبدأ "منوع الاقتراض" يكاد يناسب بالكامل الحيوانات والنباتات، أما البكتريا وأمرها مختلف. يحدث بين البكتريا (هي والأركيات التى تشبه البكتريا ظاهريا ولكنها إلى حد ما على درجة بعيدة من القرابة) الكثير من التشارك في الجينات. بينما تستخدم الحيوانات التزاوج الجسدى لتبادل دنا داخل نطاق النوع الواحد، نجد أن البكتريا تستخدم الطريقة الخاصة بها من "النسخ واللصق" لتمرر دنا فيما حولها، حتى بين أنواعها البعيدة في صلة القرابة. على الرغم من أنى كنت على صواب في تعجيد "شجرة الحياة الوحيدة الحقيقية" للحيوانات والنباتات، إلا أن المسألة كلها تغزو أكثر تشوشا عندما نلقت إلى الكائنات الدقيقة. وكما أوضح رمبلى الفيلسوف دان دينيت، فإنه بينما تنتشر شجرة الحياة للحيوانات انتشارا فحيا مثل شجرة البلوط، فإن شجرة الحياة للبكتريا تكون أكثر شبها بشجرة تين السنغال الصخمة الكثيفة. فيما يختص بالبكتريا ثمة ما ينبغى قوله عن تجميع "شجرة واحدة حقيقية" لكل جبر على حدة، بصرف النظر عن أى أنواع معينة من البكتريا يتفق أن تنتقل هنا وهناك. ياله من ترقع يخلب اللب. كما كان داروين سيحبه.

سنة وثمانين نوعا (عدد للفروع الطرفية). يستطيع القارئ أن يرى الثغرة في الخريطة الدائرية، ويتصور أن الدائرة قد فُتحت. العدد الأصغر من الصور التوضيحية حول الحافة قد تم اختياره على نحو إستراتيجي من البكتريا، والبروتوتروا، والنباتات، والفطريات، وأربع شعب من الحيوانات. يمثل الفقاريات في الخريطة تنين البحر العشبى إلى اليمين، وهو نوع مدهش من السمك تحميه مشابهته لأعشاب البحر. خريطة هيليز الدائرية تماثل ذلك فيما عدا أن فيها ثلاثة آلاف نوع. تندو أسماء هذه الأنواع حول الحافة الخارجية للدائرة في الرسم السابق. وهى أصغر جدا من أن نتمكن من قراءتها - وإن كان "الهوموسابينز" عليه علامة للمساعدة على معرفة مكانه تقول "نحن هنا". يستطيع القارئ أن يحصل على بعض فكرة عن كيف أن عينات الشجرة عددها قليل للغاية حتى في هذه الخريطة الضخمة، وذلك عندما تُذكر له أن الحيوانات الأكثر قرابة للبشر التى يمكن أن يتلاءم وضعها في هذه الدائرة هي الجرذان والفئران. يلزم هنا الإقلال من عدد الثدييات إقلالا بالغا حتى يمكن أن توضع كل الفروع الأخرى من الشجرة في تلاؤم على نفس العمق. دعنا نتصور لا غير محاولة رسم خريطة لشجرة مماثلة فيها عشرة ملايين نوعا بدلا من الثلاثة آلاف من الأنواع المضمنة هنا. ورقم العشرة ملايين ليس أكثر التقديرات إسرافا لعدد الأنواع الحية الموجودة. إنه لمما يجدر بنا أن نفعله أن ننقل بالترحيل شجرة هيليز من موقعه على ويب (انظر الهوامس) ثم نطبعها ونعلقها فوق الجدار مطبوعة على قطعة ورق يوصى بأن تكون على الأقل باتساع ٥٤ بوصة (أو حتى أكبر لما في ذلك من فائدة).



الساعة الجزئية

الآن بينما نحن نتحدث عن الجزئيات، فإن لدينا مهام لم ننتهها تخلفت عن الفصل الرابع الذي كان يدور حول الساعات التطورية. نظرنا في ذلك الفصل أمر حلقات الأشجار، وأمر الأنواع المختلفة من الساعات الإشعاعية، ولكننا أرجأنا النظر في أمر ما يسمى بالساعة الجزئية حتى نعرف شيئاً حول الجوانب الأخرى من الوراثة الجزئية. حان وقت ذلك الآن، دعنا نفكر في هذا الجزء على أنه ملحق للفصل عن الساعات.

تفترض الساعة الجزيئية أن التطور حقيقة، وأنه يتواصل بمعدل سرعة ثابتة خلال الزمان الجيولوجي، ثباتا يكفي لاستخدام هذه السرعة كساعة في حد ذاتها، بشرط أنه يمكن معايرتها باستخدام الحفريات، وهذه بدورها تعابير بالساعات الإشعاعية. وكما أن ساعة الشمع يفترض فيها أن الشموع تحترق بمعدل سرعة ثابتة ومعروفة، وساعة الماء يفترض فيها أن يفرغ الماء من وعاء بمعدل سرعة يمكن معايرته، وكما أن ساعة الجذ يفترض فيها أن البندول يتأرجح بمعدل سرعة ثابتة، فإنه يمثل هذا كله يفترض في الساعة الجزيئية أن هناك جوانب معينة من التطور "نفسه" تتواصل بمعدل سرعة ثابتة. معدل هذه السرعة الثابتة يمكن معايرته إراء تلك الأجزاء من السجل التطوري التي تم توثيقها جيدا بالحفريات (التي يمكن تأريخها بالمواد المشعة). ما إن تتم معايرة الساعة الجزيئية حتى يمكن استخدامها لتأريخ أجزاء أخرى من التطور لم يتم توثيقها جيدا بالحفريات. فيمكن استخدامها مثلا للحيوانات التي ليس لها هيكل عظمية صلبة ونادرا ما تتحجر في حفريات.

هذه فكرة رائعة، ولكن ما الذي يعطينا الحق في أن نأمل أننا سوف نستطيع العثور على عمليات تطورية تتواصل بمعدل سرعة ثابتة ؟ الحقيقة أن هناك أدلة كثيرة تطرح أن معدلات التطور تتغير بدرجة عالية. طرح ج. ب. س. هالدين في زمن يسبق بكثير العهد الحديث للبيولوجيا الجزيئية، اتخاذ وحدة اسمها "الداروين" كمقياس لمعدلات سرعة التطور. هيا نفترض أنه عبر الرمان التطوري، يحدث تغير في بعض خاصية قابلة للقياس في أحد الحيوانات، وهو تعبير في اتجاه ثابت. كمثال لذلك، هيا نفترض أن متوسط طول الساق يتزايد. إذا كان طول الساق قد تزايد خلال فترة من مليون سنة بعامل من "e" ($e = 2.718$ ، وهذا رقم تم اختياره لأسباب من للملاءمة رياضيا، لا حاجة بنا للدخول فيها)^(*)، يقال عندها

(*) "e" رمز رياضي هو أسس النظام اللوغاريتمي الطبيعي وقيمته تقريبا تساوي 2.7183. (المترجم)-

أن معدل سرعة التغير التطوري يساوى وحدة داروين واحدة. هالدين نفسه قدر معدل سرعة تطور الحصان بما يقرب من ٤٠ مللي داروين، في حين أن هناك من يطرح أن تطور الحيوانات المدججة بتأثير الانتخاب الاصطناعي ينبغي أن يقاس بوحدات الكيلو داروين. معدل سرعة تطور أسماك الجاب التي تزرع في جدول خال من المفترسين، كما سبق وصفه في الفصل الخامس، تم تقديرها بأنها ٤٥ كيلو داروين. تطور "الحفريات الحية" مثل "اللينجولا" (الفصل الخامس) يُحتمل أنه سيقاس بوحدات الميكرو داروين. أعتقد أن القارئ هكذا قد استوعب النقطة المهمة هنا: معدلات سرعة تطور الكائنات التي نستطيع رؤيتها وقياسها، مثل السيقان والمناقير، تتغير بدرجة هائلة.

إذا كانت معدلات التطور تتغير هكذا، كيف نستطيع أن نأمل في استخدامها كساعة؟ ها هنا حيث تأتي الوراثة الجزيئية لإنقاذنا. للوهلة الأولى، لن يكون من الواضح كيف يمكن أن يتم هذا. عندما تتطور صفات يمكن قياسها مثل تطور طول الساق، يكون ما نراه هو المظهر الخارجي المرئي لتغير وراثي كامن في الأساس. كيف يمكن إذن أن يتأتى أن معدلات التغير على المستوى الجزيئي ستوفر لنا ساعة جيدة في حين أن معدلات تطور الساق أو الجناح لا تفعل ذلك؟ إذا كانت السيقان والمناقير ينالها التغير بمعدلات تتراوح بين وحدات الميكرو داروين إلى

(١) قرأت لأول مرة كتاب "حساب التفاضل والتكامل ميسرا" الذي ألفه سلفانوس ب. تومسون، وكان ذلك بناء على توصية من جدي المهندس، وأصبحتني هذه القراءة الأولى بالشعرية عندما طرح تومسون حرف "e" مكتوبا بخط مائل باعتباره "رقما يجب ألا يُسَى أبداً". إحدى نتائج استخدام "e" كعامل مختار، بدلا من أن نقول مثلا "٢"، هو أننا نستطيع أن نصب وحدات الداروين مباشرة بأن نطرح اللوغاريتمات الطبيعية أحدها من الآخر. هناك علماء آخرون طرحوا وحدة الهالدين كوحدة لقياس سرعة التطور.

الكيلو داروين، لماذا ينبغي أن نعتد بثقة أكبر على الجزئيات كساعات ؟ الإجابة هي أن التغيرات الوراثية التي تظهر نفسها في تطور خارجي مرئي - لأشياء مثل السيقان والأذرع - هي مجرد قمة صغيرة جدا لجبل الجليد العائم، وهي القمة التي تتأثر بشدة بتغيرات الانتخاب الطبيعي. أغلب التغيرات الوراثية على المستوى الجزيئي هي تغيرات "محايدة" وبالتالي يمكن توقع أنها ستتواصل بمعدل سرعة مستقل عن مدى الاستفادة وربما يكون حتى ثابتا بالتقريب في نطاق أى جين واحد. التغير الوراثي المحايد لا تأثير له في بقاء الحيوان موجودا، وهذا عامل حدارة مفيد لأى ساعة. سبب ذلك أن الجينات التي تؤثر في البقاء في الوحود، إيجابيا أو سلبيا، يكون من المتوقع لها أن تتطور بمعدل سرعة متغير، بما يعكس ذلك.

عالم الوراثة الياباني العظيم موتو كيمورا هو بين آخرين أول من طرح النظرية المحايدة للتطور الجزيئي، وعندما طُرحت النظرية لأول مرة كانت مثار خلاف. هناك بعض نسخة لها أصبحت الآن مقبولة على نطاق واسع، وبدور أن أدخل في تفاصيل الأدلة هنا، سأقبل النظرية موافقا عليها في هذا الكتاب. بما أن لى شهرة بأننى أحد عمد "مذهب التكيف" (وأننى فيما يزعم يمتلكى قهار بأن الانتخاب الطبيعي هو القوة الدافعة الرئيسية، بل حتى القوة الدافعة الوحيدة للتطور) فإنه يمكن للقارئ أن يكون وثقا بعض الثقة عندما يرى أنى رغم هذه الشهرة أؤيد النظرية المحايدة، وإن فمن غير المرجح أن يكون هناك بيولوجيون آخرون كثيرون يعارضونها!^(١)

(١) بل أن هناك حتى من أطلقوا على أن "دارويني لدرجة المغالاة"، وهذا تعبير ساحر أرى أنه فيما يحتمل أقل إهانة مما يفصده من مكوه.

الطفرة المحايدة هي وإن كانت يسهل قياسها بتكنيكات الوراثة الجزيئية، إلا أنها لا تخضع للانتخاب الطبيعي سواء إيجابيا أو سلبيا. "الجينات الكاذبة، Pseudogenes" محايدة نتيجة نوع واحد من الأسباب. إنها جينات أدت ذات مرة بعض شيء مفيد ولكنها الآن نُحيت جانبا ولا يحدث لها بعد بأي حال أن تُستنسخ أو تترجم. من الممكن أيضا أنها تعتبر كأنها غير موجودة فيما يحتص برفاهة الحيوان. أما فيما يختص بالعلماء فإنها موجودة كل الوجود، وهي بالضبط ما تحتاحه الساعة التطورية. الجينات الكاذبة هي فحسب فئة واحدة من هذه الجينات التي لا يحدث أبدا أن تترجم في الإمبريولوجيا. هناك فئات أخرى يفصلها العلماء كساعات جزيئية، ولكني لن أدخل هنا في تفاصيل ذلك. ما نؤيدنا به الجينات الكاذبة فيه ما يثير الحرج عند أتباع المذهب التكويني. أنها تؤدي بهم حتى إلى التوسع في حيل انتكاراتهم التكوينية لاختلاق سبب مقنع لأن يتم أصلا تصميم حين كادب - حين لا يؤدي مطلقا أي شيء ويعطى كل مظهر يجعله يبدو كنسخة متقاعدة لحين ربما كان ذات مرة يؤدي شيئا - ليس من سبب لتصميم مسبق لجين كهذا إلا إذا كان الحين الكاذب قد صمم عن عمد ليخدعنا.

إذا تركنا الجين الكاذب جانبا، فإن من الحقائق اللافتة للنظر أن الجزء الأكبر من الجينوم (٩٥ في المائة في حالة البشر) يمكن أن يُستعنى عن وجوده، بلا أي فارق يظهر. النظرية المحايدة تنطبق حتى على الكثير من الجينات في الخمسة في المائة الباقية - أي الجينات التي نُقرأ وتستخدم. بل هي تنطبق حتى على الجينات التي لها أهمية حيوية بالكامل للبقاء في الوجود. يجب أن أكون واضحا هنا. نحن لا نقول أن الجين الذي تنطبق عليه للنظرية للمحايدة ليس له تأثير في الجسم، ما نقوله هو أن هناك نسخة طافرة من الجين لها بالضبط التأثير نفسه مثل النسخة غير الطافرة. مهما كان هذا الجين مهما أو غير مهم، فإن النسخة الطافرة لها التأثير نفسه مثل النسخة غير الطافرة. على عكس الجينات الكاذبة،

حيث يمكن وصف الجين نفسه وصفا صحيحا بأنه محايد، فإننا نتحدث الآن عن حالات حيث "الطفرات" وحدها (أى التغيرات في الجينات) يمكن وصفها بلغة جازمة بأنها محايدة، وليس الجينات نفسها.

الطفرات يمكن أن تكون محايدة لأسباب مختلفة. شفرة DNA هي "شفرة متعددة الترميز"، Degenerate code. هذا مصطلح تكتيكي يعنى أن بعض "كلمات" الشفرة هي بالضبط مترادفات إحداها للآخرى^(١). عندما يطفر جين إلى أحد مرادفاته، يمكنك عندها ألا تهتم أبدا بأن تسمى ذلك طفرا. والحقيقة أنه ليس بطفر، بمدى ما يخص نتائجه في الجسم. وهو لنفس السبب ليس بطفر مطلقا بمدى ما يخص الانتخاب الطبيعي. ولكنه طفر بمدى ما يخص علماء الوراثة الحزبية، لأنهم يستطيعون رؤيته باستخدام طرائقهم. الأمر وكأننى أغير اللبث الذى أكتب به كلمة الكعرو مثلا لتغدو الكنفرو. سيظل في إمكانك أن تقرأ الكلمة، وسيظل معناها هو نفس الحيوان الأسترالى الواثق. تغيير حجم الطباعة من الصغير إلى الكبير أمر يمكن اكتشافه ولكنه لا علاقة له بالمعنى.

الطفرات للمحايدة ليست كلها محايدة تماما إلى هذه الدرجة. أحيانا يترجم الحين الحديد إلى بروتين مختلف، إلا أن "الموقع النشط" في البروتين الجديد يبقى

(١) كلمة "Degenerate" ليست مماثلة لكلمة "redundant"، فائض زائد" (وإن كان كثيرا ما يحدث خلط بين المصطلحين)، وهذه الأخيرة هي مصطلح تكتيكي آخر في نظرية المعلومات. الشفرة ذات الفائض الزائد هي شفرة يتم فيها نقل الرسالة نفسها أكثر من مرة واحدة (مثال ذلك أن يقال "إنها امرأة أنثى" هذا ينقل للرسالة عن جسمها ثلاثة مرات)، الفائض الزائد ستستخدمه المهندسون كإجراء ضد أخطاء النقل. الشفرة المتعددة الترميز هي شفرة تستخدم فيها أكثر من "كلمة" واحدة لتعنى الشيء نفسه. مثال ذلك أننا نجد في الشفرة الوراثية أن "س" "س" و "س" "س" كلاهما تعنى الحمض الأميني "اليوسمين"؛ وبالتالي فإن طفرا من "س" "س" إلى "س" "س" ليس فيه فارق. إنه تعدد ترميز.

هو نفسه مثل البروتين القديم (دعنا نتذكر تلك "الانبعاثات" التي تتشكل بحرص، والتي قابلناها في الفصل الثامن). وبالتالي فإنه لا يوجد بالمعنى الحرفي أى تأثير في التنامي الجنيني للجسم. الشكل غير الطافر هو والشكل الطافر للجين ما زالا مترادفين بمدى ما يختص بتأثيرهما في الأجسام. من الممكن أيضا أن تؤدي حفا بعض الطفرات بالفعل إلى تغيير في الجسم (وإن كان "المغالين في الداروينية" مثلى ينحون إلى الاتجاه ضد هذه الفكرة) إلا أن هذا التغيير يكون على نحو لا تأثير له، بطريقة أو أخرى، في البقاء في الوجود.

وإن، حتى نلخص نظرية الحياد، فإن القول بأن أحد الجيناب. أو إحدى الطفرات، تكون "محايدة" لا يعنى بالضرورة أن الجين نفسه بلا فائدة. فهو قد يكون مهما بدرجة حيوية لبقاء الحيوان في الوجود. وإنما ما يعنيه ذلك هو أن الشكل الطافر من الحين - والذي قد يكون أو لا يكون مهما للبقاء - ليس فيه "اختلاف" عن الشكل غير الطافر فيما يختص بتأثيراته (التي قد تكون مهمة جدا) للبقاء في الوجود. كما يتفق، فلعن من المحتمل أن يصدق القول بأن معظم الطفرات محايدة. فهي لا يمكن أن يكتشفها الانتخاب الطبيعي، ولكن من الممكن أن يكتشفها علماء الوراثة الجزيئية؛ وهذه توليفة مثالية للساعة التطورية.

ليس في أى من هذا ما يقلل من الأهمية البالغة لقمة جبل الجليد الطافي - أى الأقلية من الطفرات التي ليست محايدة. هذه الطفرات غير المحايدة هي التي يتم انتخابها من أجل تطور التحسينات، إيجابيا أو سلبيا. أنها الطفرات التي نرى بالفعل تأثيراتها - و"براهم" أيضا الانتخاب الطبيعي. إنها الطفرات التي يمح انتخابها للكائنات الحية توهمها بوجود تصميم مسبق على نحو يأخذ بالأنفاس. إلا أن باقى جبل الجليد الطافي - تلك الطفرات للمحايدة التي تشكل الأغلبية - هو ما يهملنا عندما نتحدث عن الساعة الجزيئية.

على مر الزمان الجيولوجي، نجد أن الجينوم يتعرض لوابل من التآكل بالاحتكاك في شكل طفرات. سنجد في ذلك الجزء الصغير من الجينوم حيث الطفرات لها أهميتها حقا للبقاء في الوجود، أن الانتخاب الطبيعي سرعان ما يتخلص من الطفرات السيئة ويحلبى الطفرات الجيدة. ونجد من الناحية الأخرى أن الطفرات المحايدة تنكس ببساطة، دون أن تعاقب ودون أن تُلحظ - إلا بواسطة علماء الوراثة الجزيئية. والآن فإننا في حاجة إلى مصطلح تكتيكي جديد وهو: "التثبيت". الطفرة الجديدة إن كانت جديدة حقا سيكون معدل تكرارها منخفضا في المستودع الجيني. إذا عاودنا زيارة المستودع الجيني بعد مرور مليون سنة، يكون من الممكن أن نجد أنه قد حدثت زيادة في التكرار بمعدل مائة في المائة أو ما يقرب من ذلك. إذا حدث ذلك يقال عن الطفرة إنها قد "تالت التثبيت". لن نعود إلى التفكير فيها على أنها طفرة. لقد أصبحت من القاعدة الطبيعية. الطريق الواضح لأن تالت الطفرة للتثبيت هو أن يحبذها الانتخاب الطبيعي. إلا أن هناك طريقا آخر. فهي تستطيع أن تالت التثبيت بالصدفة. قد يكون هناك ذات يوم لقب يفتح به ولكنه يمكن أن يموت بسبب عدم وجود ورثة من الذكور، وبمثل ذلك تماما نجد أن بدائل الطفرة التي نتحدث عنها يتفق أن يحدث لها لا غير أن تختفى من المستودع الحيى. الطفرة نفسها يمكن أن تغدو متكررة في المستودع الحيى، بسبب الحظ نفسه الذى أدى بلقب "سميث" أن يبرز كأكثر لقب شائع في إنجلترا. لا شك من أنه سيكون مما يثير الاهتمام بدرجة أكبر كثيرا أن ينال الجين تثبيته لسبب جيد - هو الانتخاب الطبيعي - إلا أن للتثبيت قد يحدث أيضا بالصدفة، إذا توفر له العدد الكافى من الأجيال. والزمان الجيولوجى يمتد امتدادا شاسعا يكفى لأر تالت الطفرات المحايدة تثبيتها بمعدل سرعة يمكن التنبؤ به. معدل السرعة التى يتم بها ذلك يختلف، إلا أنه يكون معدلا مميزا لجينات معينة، وباعتبار أن معظم الطفرات تكون محايدة، فإن هذا بالضبط هو ما يجعل الساعات الجزيئية ممكنة.

التثبيت هو الأمر المهم للساعة الجزيئية؛ لأن للجينات التى " ثبتت " هي ما ننظر إليه عندما نقارن بين حيوانين حديثين لنحاول تقدير الزمن الذى مضى منذ أن انقسم سلفاهما في انفصال. الجينات التى ثبتت هي جينات مميزة للنوع. إنها الجينات التى لا تكون أبداً شاملة في المستودع الجينى. في استطاعتنا أن نقارن بين الجينات التى غدت مثبتة في أحد الأنواع مع الجينات التى أصبحت مثبتة في نوع آخر، حتى نقدر مدى الزمن الذى انقضى منذ انقسم النوعان في انفصال. هناك بعض الصعوبات التى لن أدخل فيها هنا لأننى ناقشتها بالكامل أنا ويان ونج في كتاب "خاتمة لحكاية الدودة المخملية". الساعة الجزيئية تعمل بنجاح، مع بعض التحفظات، ومع شتى عوامل التصحيح المهمة.

الساعات الإشعاعية تتك بسرعات تتغير تغيراً هائلاً، بحيث يتراوح عمر النصف ابتداء من أجزاء من الثانية ووصولاً إلى عشرات البلايين من السنين، وبمثل ذلك أيضاً فإن الجينات المختلفة توفر مدى واسعاً مذهلاً من الساعات الحزبية، يناسب تاريخ زمن التغير التطورى بمقاييس تتراوح من مليون سنة إلى بلايين السنين، وكل ما بين ذلك من مراحل. وكما أن كل نظير مشع له عمر نصف مميز له، فإن كل جين له أيضاً معدل سرعة انقلاب مميز له - معدل السرعة الذى يتم به أن تقال الطفرات تثبتها نمطياً عن طريق الصدفة العشوائية. جينات "الهستون" لها سرعة انقلاب مميزة بمعدل طفرة كل بليون سنة. جينات ببتيد الفبيرينوجين انقلابها أسرع من ذلك بألف مرة، بمعدل تثبيت طفرة جديدة واحدة كل مليون سنة. سيتوكروم سى وحاشيته من جينات الهيموجلوبين لها معدل انقلاب في الوسط، يقاس فيه التثبيت بملايين إلى عشرات الملايين من السنين.

الساعات الإشعاعية هي والساعات الجزيئية لا يتك أى منهما بأسلوب منتظم مثل ساعة البندول أو ساعة اليد. لو أمكننا أن نسمعها وهى تتك ستكون مشابهة

لعداد "جيجر"، وهذا يصدق حرفيا على الساعات الإشعاعية لأن عداد جيجر هو بالضبط ما نستخدمه للاستماع لها. عداد جيجر لا يتك بانتظام مثل ساعة اليد، فهو يتك عشوائيا، وتأتي تكاته في تفجرات غريبة متلعثمة. هذه هي الطريقة التي تبدو عليها الطفرات وللتنبؤات، إذا استطعنا الاستماع لها على مدى الزمان الجيولوجي الطويل طولا هائلا. ولكن سواء كان هناك تلثم مثل عداد جيجر أو تكات بايقاع مثل ساعة اليد، فإن الشيء المهم في أى جهاز لتسجيل الوقت هو أنه ينبغي أن يتك بمعدل له "متوسط" معروف. هذا هو ما تفعله الساعات الإشعاعية، وما تفعله الساعات الجزيئية.

قدمت الساعة الجزيئية بقولى أنها تفترض أن التطور حقيقة، وبالتالي لا يمكن اتخاذها كدليل عليه. أما الآن وقد فهمنا كيف تعمل هذه الساعة، فإننا نستطيع أن نرى كيف أتى كنت منشأها لأكثر مما ينبغي. إن مجرد وجود الجينات الكاذبة - تلك الجينات التي لا فائدة منها ولا يتم نسخها ولكنها تتصف بمشابهة ملحوظة بالجينات المفيدة - مجرد وجود هذه الجينات فيه المثل المثالي الكامل للطريقة التي يتم بها للحيوانات والنباتات أن يسجل تاريخها عليها كلها. إلا أن هذا موضوع مهم ينبغي أن ينتظر للفصل التالي.

الفصل الحادى عشر

التاريخ المسجل علينا كلنا

بدأت هذا الكتاب بتخيل مدرس للغة اللاتينية وقد أُجبر على تضييع وقته وجهده ليدافع عما يفترض من أن الرومان ولعنتهم كان لهم وجودهم قطعاً. دعنا نعود لهذه الفكرة لنسأل عما تكونه بالفعل الأدلة على وجود الإمبراطورية الرومانية واللغة اللاتينية. أعيش في بريطانيا حيث تركت روما بصمتها فوق كل خربطتها كما فعلت في سائر أوروبا، فسقت طرقها عبر كل مشهدنا الخلوي، ونسجت لغتها مع لغتنا ونسحت تاريخها من خلال أدبنا. هيا نسير بطول "جدار هادريان"، الذي لا يزال اسمه المحلى المفضل هو "الجدار للروماني"، نسير مثلما كنت أسير في كل يوم أحد بعد الآخر في تشكيل من صفين بدءاً من مدرستي الداخلية في ساليسبوري الجديدة (نسبياً)، حتى القلعة الرومانية المبنية بالصوان في ساروم القديمة، ونتواصل في حديث حميم مع الأشباح المتخيلة لموتى فرق الجيش. هيا ننشر خريطة مصلحة المساحة لإنجلترا. أينما نرى طريقاً في الريف يمتد طويلاً ومستقيماً، خاصة عندما تكون هناك ثغرات من حقول خضراء بين امتدادات الطريق أو دروب العربات التي يمكنك بالضبط أن تخط عليها خطأ بالمسطرة، فإنك عندها وكأنك تكاد تجد دائماً بجوار ذلك بطاقة رومانية مميزة. بغايا الإمبراطورية الرومانية موجودة من حولنا في كل مكان.

الأجسام الحية لديها أيضاً تاريخها المسجل عليها كلها. تعج هذه الأحساد بالمرادفات البيولوجية لما هو روماني من الطرق، والجدران، والنصب التذكارية، وشدف الفخار، بل حتى أيضاً نقوش قديمة محفورة فوق دنا الحي، جاهزة لأن يفك الباحثون شفرتها.

تُعج الأجساد؟ نعم، تُعج بالمعنى الحرفي. عندما تحس بالبرد، أو بحوف شديد، أو تنقصك البراعة الفنية الفذة لسوناتا لشكسبير، فإن جلدك يقشعر. لماذا؟ لأن أسلافك كانوا تديبات طبيعية يغطيها الشعر كلها، وهذا الشعر ينتصب أو ينخفض حسب تعليمات أجهزة ثروموستات جسدية حساسة. إذا أحسست ببرد شديد ينتصب الشعر ليقيم طبقة عازلة من الهواء المحتبس بينه. فإذا أحسست بدفء شديد، يتسطح هذا الدثار ل يتيح لحرارة الجسم أن تتطلق خارجا بسهولة أكبر. مع ما تلى ذلك من تطور تم اختطاف نظام انتصاب الشعر ليستخدم لأغراض التواصل الاجتماعي، وليصبح مرتبطا "بالتعبير عن الانفعالات"، وكان داروين من بين أول من أدركوا ذلك في كتاب له بهذا العنوان. لا أستطيع أن أقاوم رعتي في إشراكك معي حول بعض السطور من قطوف داروين من ذلك الكتاب:

"مستر ساتون حارس نكي في حديقة الحيوان، وقد رافق لي بحرص الشمباري والأورانج؛ وهو يقرر أنها عندما تصاب فجأة بالخوف، كما يحدث نتيجة عاصفة رعدية، أو عندما يستثار غضبها، كما يحدث عند مضايقتها، فإن شعرها ينتصب. شاهدت ذات مرة للشمبانزي وقد أزعجه مرأى حمال فحم أسود، فارتفع شعره فوق كل جسده - أخذت ثعبانا محنطا إلى بيت القروء، وانتصب في التو شعر أفراد أنواع عديدة منها... عندما أظهرت ثعبانا محنطا لحيوان البقرى، ارتفع شعره بطول ظهره على نحو رائع؛ كما ارتفع كذلك شعر خنزير برى عندما أثير حنقه".

شعر عنق وظهر الحيوان يرتفع عند الغضب. الشعر ينتصب أيضا لآخره عند الحوف ليزيد من الحجم للظاهري للجسم ويرعب بعيدا المنافسين الخطرين أو المفترسين. بل حتى نحن القردة العليا العارية لا يزال لدينا الماكينة لرفع شعر لا يوجد (أو لا يكاد يوجد)، ونسمى ذلك قشعريرة. ماكينة لانتصاب الشعر هي

"أثر باق"، بقية بلا وظيفة لشيء كان يؤدي مهمة مفيدة عند أسلافنا الذين ماتوا من زمن طويل. البقايا الأثرية للشعر هي مثل واحد من بين أمثلة كثيرة من التاريخ المسجل علينا كتنا. وتشكل هذه البقايا الأثرية دليلا مقنعا على أن التطور قد حدث حقا، وهي مرة أخرى أدلة لا تأتي من الحفريات وإنما من الحيوانات الحديثة.

كما رأينا في الفصل السابق، عندما قارنت بين الدرفيل وسمكة تقاربه حمما مثل سمكة أبي سيف، لم تكن هناك حاجة لأن ننقب عميقا جدا داخل الدرفيل لنكتشف عن تاريخ حياته فوق الأرض الجافة. رغم أن للدرفيل شكله الانسيابي، ومظهره الخارجي المشابه للسمك، ورغم حقيقة أنه يحيا الآن حياته كلها في البحر، ويموت سريعا إذا أخرج للشاطئ، إلا أن الدرفيل، بخلاف سمك أبي سيف، فيه خصائص "الثديي الأرضي" منسوجة في سداه ولحمته. لدى الدرفيل رئة وليس لديه حياشيم، وسوف يغرق مثل أي حيوان أرضي إذا خرم من الصعود للهواء، وإن كان يستطيع أن يحبس أنفاسه لزمان أطول كثيرا من أي ثديي أرضي. حمار الدرفيل لتنفس الهواء قد تغير بكل أنواع السبل ليتلاءم مع عالمه المائي. بدلا من أن يتنفس من خلال منخرين عند طرف أنفه مثل أي ثديي أرضي طبيعي، فإن له منخر وحيد عند قمة رأسه يمكنه من أن يتنفس فحسب تو خروجه من السطح. "فتحة التنفس" هذه لها صمام غلق محكم ليبقى الماء بعيدا، وعرضها واسع ليقلل لأدنى حد من الوقت اللازم للتنفس. في ١٨٤٥ كتب فرنسيس سيور المحل^(١)

(١) في بريطانيا كانت كلمة الميجل "Esq" تعني السيد النبيل "gentleman" (وهي لا تزال تعني ذلك في بريطانيا وإن كان استعمالها هكذا قد أخذ يفرض سريعا)، الكلمة إن في بريطانيا تعني ما سبق، ولا تعني "المحامي" كما في أمريكا (وهو أمر اكتشفته حديثا). بل أنسى قد قابلت حتى محاميات أمريكيات إناث يشرن لأنفسهن بكلمة "الميجل". يبدو هذا للأفراد الإنجليز شاذًا، مظلما لا بد وأن يبدو للأمريكيين عندما يسمعون تلقب أول قاضية عليا من الإنث بأنها صاحبة العدالة "Lord Justice" إليزابيث بتر - سلوس، (الف صاحبة العدالة=

خطابا إلى الجمعية الملكية، ومن المرجح إلى حد كبير أن داروين كزميل بالجمعية قد قرأه " ويقول فيه سيون: " العضلات التي تفتح وتغلق فتحة التنفس، وتحدث مفعولها في الأكياس المختلفة، تشكل ماكينة تقدمها الطبيعة أو الفن، هي من أكثر الماكينات تعقيدا وإن كانت منظمة بإتقان رائع". فتحة التنفس عند الدرفيل تقطع أسواطاً هائلة لتصحح مشكلة لم تكن لتتأ مطلقا لو كان الدرفيل يتنفس بالخياشيم لا غير، مثل أى سمكة. كما أن الكثير من تفاصيل فتحة التنفس يمكن النظر إليها باعتبارها تصحيحات لمشاكل فرعية نشأت عندما انتقل مأخذ الهواء من المنخارين إلى قمة الرأس. لو كان هناك حقا تصميم مسبق لثم تخطيط ذلك في المقام الأول داخل قمة الرأس. هذا إذا لم يكن مما تقرر في هذا التصميم أن يتم إلغاء الرنة والاتجاه على أى حال إلى الخياشيم. سنجد باستمرار خلال هذا الفصل كله أمثلة للتطور عندما يصحح "خطأ" أصليا أو أثرا تاريخيا عن طريق تعويض لاحق أو تعديل حاد، وذلك بدلا من العودة وراء إلى لوحة للرسم كما كان سيحدث لو كان هناك وجود لأى تصميم مسبق حقيقى. على أى حال، فإن الباب البارح المعقد المؤدى إلى فتحة التنفس فيه شهادة بليغة تدل على سلف الدرفيل البعيد فوق الأرض الجافة.

يمكننا بطرائق لا حصر لها أن نقول أن الدرافيل والحيثان لديها تاريخها القديم مسجل عليها كلها ومن خلالها، مثل آثار طرق رومانية شفت في دروب مستقيمة للعربات وممرات عبر خريطة إنجلترا. ليس للحيثان سيقان حلقية، ولكن هناك عظام بالغة الصغر مدفونة عميقا بدخلها، هي بقايا حزام الحوص والسيقان

- هو المرادف البريطاني لقاضى المحكمة العليا). استخدام كلمة "Esq" في إنجلترا يبدو حتى أكثر شذوذا لأفراد كثيرين في سائر العالم. وقد قيل أن حجيصة الخز "E" في الفادق في العالم كله هي حجيصة مليئة بخطابات لم تستلم وتبحث عن المستر الميبل "Esq".

الخلفية لأسلافها التي كانت تمشى والتي راحت من زمن طويل. يصدق الشيء نفسه على الحيلانيات أو بقر البحر (سبق لي ذكرها مرات عديدة: حيوانات خرووف البحر والأطوم وبقر البحر للنجمي الذي يصل طوله إلى ٨ ياردات، وانقرض بصيد البشر له)^(١). الحيوانات الحيلانية تختلف تماما عن الحيتان والدراويل، ولكنها المجموعة الأخرى الوحيدة من الثدييات البحرية بالكامل التي لا تخطو أبدا إلى الشاطئ. وببما نجد أن الدراويل لا حمات ذكية ونشطة وسريعة، فإن حيوانات بقر البحر والأطوم عاشبات بطيئة غارقة في الأحلام. زرت أكواريوم لبقر البحر في غرب فلوريدا، ولأول مرة لا يثور حنقى بسبب الموسيقى التي تذاغ من مكبرات الصوت. كانت موسيقى هادئة ناعمة وبدت بخمولها اللالغ ملائمة تماما بما يغفر لها كل شيء آخر. حيوانات بقر البحر والأطوم تعوم بلا جهد في توازن هيدروستاتي، وليس بواسطة مئانة للعوام كما تفعل الأسماك (انظر بأسفل)، وإنما من خلال تجهيزها بعظام ثقيلة تعمل كتقل موازن لقابلية دهنها طبيعيا للطفو. وبالتالي، فإن كثافتها النوعية تكون قريبة جدا لكثافة الماء النوعية، وهي تستطيع القيام بتعديلات رهيبة لذلك بأن تشد أو تمط من قفص ضلوعها. تزداد دقة تحكمها في طفوها بامتلاكها لتجويف منفصل لكل رئة: ولديها هكذا عضلتا حجاب حاجز منفصلتان.

(١) لمل ارتباط الحيلانيات (Sireniant) بالسيرانات (Syrens) الأسطورية يرجع إلى العادة التي تتشارك فيها مع أقاربها الأرضية من الأفيال، وهي عادة إرضاع صغارها من الأثداء الصدرية. ربما كان البحارة المحيطون جنسيا لبقائهم في البحر زمنا طويلا جدا قد شهدوا ذلك من على بعد وأخطأوا على أنها من النساء. أحيانا تعد الحيوانات الحيلانية مسنولة عن أسطورة عروم البحر.

(*) السيرانات كانت أسطورية عند الإغريق لها رؤوس إنث وأجسام طيور، وتسحر البحارة معانها فيضلون ويهلكون. (المترجم)

الدرافيل والحيتان، وحيوانات الأطوم وبقر البحر تلد أطفالا أحياء مثل كل الثدييات. هذه العادة ليست في الواقع خاصة بالثدييات. هناك أسماك كثيرة تلد أحياء، ولكنها تفعل ذلك بطريقة مختلفة جدا (الواقع أنها تفعل ذلك بصنوف رائعة من طرائق مختلفة تماما، لا شك أنها قد تطورت على نحو مستقل). مشيمة الدرافيل نوعها ثديي بما لا يمكن إخطاؤه، وبالتالي فإن من عادة الدرافيل أن ترضع أطفالها باللبن. كما أن مخها هو بما يتجاوز كل شك مخ لثديي، وهو من هذه الناحية مخ ثديي متقدم تماما. القشرة المخية في الثدييات هي طبقة من المادة السنجابية تحيط بالمخ من الخارج. حتى يزيد نكاء المخ يتم هذا في جزء منه بزيادة مساحة الطبقة السنجابية. يمكن أن يحدث ذلك بزيادة اللحم الكلي للمخ، وكذلك الجمجمة التي تؤويه. إلا أن هناك عيوباً في أن يكون للحيوان جمجمة كبيرة. فمن ناحية يؤدي ذلك إلى زيادة صعوبة الولادة. ونتيجة لذلك فإن الثدييات الدكية تحال حتى تزيد مساحة الطبقة السنجابية بينما تظل باقية في حدود الحيز الذي تصنعه الجمجمة بحجمها، وهي تفعل ذلك بأن تجعل الطبقة كلها في طبقات وشفوق عميقة. هذا هو السبب في أن المخ البشري يبدو كثرة جوز متفصصة؛ أمحاح الدرافيل والحيتان هي الوحيدة التي تتنافس أمحاح القردة العليا في تغضيبها. أمحاح الأسماك ليس فيها مطلقاً أي تغضينات، بل ليس لديها في الحقيقة قشرة سنجابية، والمخ كله بالغ الصغر عند مقارنته بمخ الدرافيل أو الإنسان.

اهتمام د. غنير والبرتو بتلو
الحياة مغرور لهما لأحد
من الجلد .





(a) عندما تحتاج الحيوانات سلسلة الأنتيمار إلى طرف شمس لفتها لا تنس طرفا جديد وإنا نطبع في خدمتها ما هو موجود فيها من قبل. هذه صورة الفرد الضيق في بطنها أمريكا الجنوبية .
 (b) القوي أو "العمود الطائر" في بطن جنوب شرق آسيا. وهو ليس سبطا بالعمود . وإنما يشغل رايته الفريدة في شجرة الفيفيت . وهو لا يطير هنا وإنما ينزل من شجرة للأفري. والقوي يختلف "المنجاب الطائر" (من القوزن) و"القنبر الطائر" (من الكيميت) يجمع دبله في غشاء الأثري.
 (c) طفل الفاكهة المصري . وله أفضة شظية تظهر على نحو رائع تشبه بباله العظمى مع أهدنا





بالحيا الأجنحة عند هذه الطيور التي لا تطير تكشف جليا عن
اتها سلاطة منحرفة من أسلاف تطير.
(a) السهام لا يزال يستخدم الأجنحة ، ولكن ذلك يكون فقط
لأغراض حفظ التوازن ولأغراض اجتماعية.
(b) غزال جالابوس الذي لا يطير ، ومع ذلك فإنه ينشر
جناحيه غير المتجهين ليعبر أن يهبط ، يمثل ما يقطع أثناء
عومته المألوفة بالفتى والتي تطير . وهو صائد سمك خبير
يستخدمه من تحت الماء (c) ولقائه بخلاف الطريق لا يستخدم
جناحيه للسباحة ، وإنما يدفع نفسه متوكما بقذافات عريضة
من ذنبيه الكبيرتين المتكلفتين بالمجددات. (d) تما يوسف له
حسب قول دوجلاس أيمز ، أن القلاب (البيضاء القنورلندي)
لا يقتصر أبداً على أنه قد نسي كيف يطير ، وإنما هو قد
نسى أيضاً أنه قد نسي كيف يطير . من الواضح أن القلاب
عندما يزعج بشدة يجري أحياناً ليطو شجرة ثم يثبت منها ،
ليطير كالطعمه طوب ويصط متوكما بلا رشاقة فوق الأرض.





c

(c) الأجنحة تشكل عيبا تحت الأرض . وربما يكون هذا هو السبب في أن النمل النشيط لا يسميها أقوى دليل على ذلك ما تمدها به ملكات النمل . فهي تستخدم أجنحتها مرة واحدة فقط لتنتقل طيارة من عش المولد . لاجد رفيقا من الذكور . ثم تحط طليعة لحفر ثقبا أرض حديد وهي عندما تبدأ حياتها الجديدة تحت الأرض يكون أول ما تفعله هو أن تخطئ لخصنها . ويكون ذلك في بعض الحالات بأن تضعها بالمعنى الحرفي هي تريلها

(f) الحيوانات سقته الكهوف مثل الداء المملندر كثيرا جدا ما تكون بهواء ولقنها على الرغم من أنها لا تستخدم عيونها في الكهوف المظلمة إلا أنها تهتم بتصفيرها . ما هو سبب ذلك ؟ نظروا كيف يكتب فيها بعد في هذا الفصل . (g) قدر طيل للتدبير تشبه ظاهريا السمك القهقر الذي يصبح سريعا . مثل سمك أبي سبب . وذلك لأنهما يقومان لودهما بطريقة متماثلة .



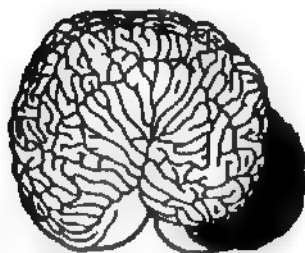
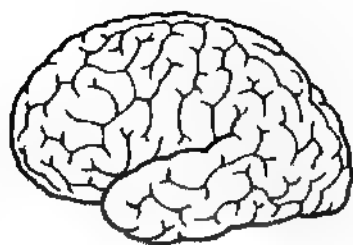


نتكج سباق تسلح التطوري :

(a) لها فوقك يقتل عصفور السباح فوق غصنه
 فوقك الوليد يقتل غريبا لغيره بالتنبه قبل ان
 يستطيع ان يخلص انفسه على الطير . (b) هذا
 الكودو (kudu) او الظبي الوحشي الافريقي قد حصر
 سيقه الفروي مع ليرة وسوف تنتهي حياته سريرا .
 ولكن سباق تسلح بين المستودعين الجيوسين للتوحيش
 يقتل بجري في الزمان التطوري . (c) يضع دبور
 ظفيري ثرعة بيضه داخل هذا السروع ، والصورة
 تظهر لدول دبور وهي تملأ خارجة ، مغطاة بالصفاء ،
 لتسهم بمنتجاتها في الجيل التالي . (d) الضوء في
 القصب الخلية سبعة ثمانية الوجود الا القليل منه تحت
 ظلة الخلية ، ان القلة نفسها تكون للضارح فيما بين
 الأشجار المفردة ولا يكاد يوجد فيها اي ثمرة .



لهم من باب صدقة اننا نرى طون الأخضر
موجود تقريبا أينما ننظر ... أولا أن التباينات
الخضراء تكونا جدا بما لا يقل عن نسبة الضربة
إلى اللون ، لما وجدت أي طاقة لدينا بالقوى.



مخ الإنسان (في الأعلى)، مخ الدرفيل (في الوسط)، ومخ السلمون المرقط البنى
(في الأسفل)

التاريخ الثدبي للدرفيل محفور عميقا في سطح مخه المتغضن. هذا جزء من
خواصه كثبي، بما يماثل المشيمة، وإفراز اللبن، ووجود أربع حجرات للقلب، وأن
يتكون الفك السفلي من عظمة واحدة فقط، وأن يكون الدم ثابتا على نفه، وغير
ذلك من الملامح الكثيرة الخاصة بالثدييات.

الحيوانات ذات الدم الحار الثابت على دفته هي الثدييات والطيور، إلا أن ما لديها هكذا هو في الحقيقة قدرتها على الإبقاء على حرارتها ثابتة، بصرف النظر عن الحرارة الخارجية. هذه فكرة ممتازة لأنها تجعل التفاعلات الكيميائية في الخلية تجرى على الوجه الأمثل عند درجة حرارة معينة. للحيوانات ذوات "الدم البارد" ليست باردة بالضرورة. دم السحلية يكون أدفاً من دم الثدييات إذا اتفق لهما أن يكونا معا في الخارج في شمس منتصف النهار في صحراء أفريقيا. دم السحلية يكون أبرد من أحد الثدييات إذا كانا معا في الجليد. الحيوان الثديي لديه الحرارة نفسها طول الوقت، وعليه أن يعمل كادحا ليبقى على ثباتها، مستخدما في ذلك ميكانيزمات داخلية. السحالي تستخدم وسائل خارجية لتنظيم درجة حرارتها، فتتحرك إلى الشمس إذا احتاجت إلى تدفئة نفسها، وتتحرك إلى الظل إذا احتاجت إلى أن تبرد من حرارتها. الثدييات تنظم حرارة جسمها على نحو أكثر دقة، والرافيل لا تستثنى من ذلك. مرة أخرى، تاريخ اليرافيل مسجل فوقها كلها، حتى وإن كانت قد ارتدت إلى الحياة في البحر، حيث معظم الحيوانات لا تحافظ على درجة حرارة ثابتة.

أجنحة كانت يفخر بها ذات يوم

تزرخ أحساد الحيتان والحيتانيات بأثار تاريخية نلحظها لأنها تعيش في بيئة تختلف تماما عن بيئة أسلافها ساكني الأرض. ينطبق مبدأ مماثل على الطيور التي فقدت عادة الطيران والأجهزة اللازمة له. للطيور ليست كلها تطير، إلا أن الطيور تحمل على الأقل آثارا لجهاز الطيران. طيور النعام والأمو تجرى بسرعة ولكنها لا تطير أندا، إلا أن لديها بقايا أجنحة كميراث من أسلافها البعيدة التي كانت تطير. وفوق ذلك فإن بقايا أجنحة النعام لم تفقد فاندتها بالكامل. هذه البقايا وإن كانت أصغر

حجما من أن يطير بها النعام، إلا أنه يبدو أن لها بعض دور في التوازن وتوجيه الحركة أثناء الجرى، كما أنها تشارك في عروض اجتماعية وحسية. أجنحة الكيوى بالغة الصغر حتى أنها لا يمكن رؤيتها خارج دثار الطائر من الريش الدقيق، إلا أن هناك بقايا من عظام الجناح. طيور الموة (Moas) فقدت أجنحتها بالكامل. وفيما يعرض فإن نيوزيلندا موطن طيور الموة لديها نصيب وافر من الطيور التي لا تطير، وربما يكون سبب ذلك أن عدم وجود الثدييات قد ترك مساحة واسعة شاغرة من مأوى البيئة يمكن أن يملأها أى كائن حتى يستطيع الوصول هناك بالطيران. إلا أن هؤلاء الرواد ممن كانوا يطيطرون، وصلوا هناك بواسطة أجنحتهم، ثم فقدوها فيما بعد عندما ملأوا دور الثدييات الشاغر فوق الأرض. ربما يكون هذا مما لا ينطبق على طيور الموة نفسها، التي يتفق أن أسلافها كانت بالفعل لا تطير قبل أن تنفتت القارة العظمى جوندوانا الجنوبية إلى شطأيا، من بينها نيوزيلندا، وكل شظية منها تحمل شحنتها من حيوانات جوندوانا. من المؤكد أن هذا ينطبق على الكاكاب (kakapo)، ببغاء نيوزيلندا الذي لا يطير، ومن الواضح أن أسلافه عاشت في زمن بالغ الحداثة حتى أن الكاكاب لا يزال يحاول الطيران على الرغم من أنه ينقصه الجهاز اللازم لنجاحه في ذلك. وحسب كلمات الخالد دوجلاس آدمز^(*) في كتابه "آخر فرصة للرؤية":

"إنه طائر سمين للغاية. الطائر البالغ منه له حجم جيد
يزن ما يقرب من ستة إلى سبعة أرطال، وجناحاه صالحان
بالكاد لأن يتهزز إذا خطر له أنه على وشك أن يتعثّر فوق
شيء - أما الطيران فأمر غير وارد مطلقا. على أنه مما

(*) دوجلاس آدمز (١٩٥٢ - ٢٠٠١) كاتب ومؤلف دراما إنجليزية ونصير للحيوانات والبيئة ومحب للعلم. (المترجم)

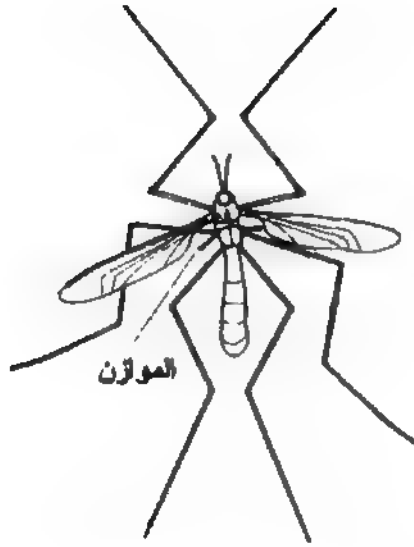
يؤسف له أنه يبدو أن الكاكاب لا يقتصر أمره على أنه قد نسي كيف يطير، وإنما هو قد نسي أيضا أنه قد نسي كيف يطير. من الواضح أن الكاكاب عندما ينزعج بشدة فإنه يجرى أحيانا ليعطو شجرة ثم يثب منها، ليطير كقطعة طوب ويحط متكوما بلا رشاقة فوق الأرض.

طيور النعام، والأمو، والرية (rhea)، طيور هائلة في الجرى، في حين أن طيور البطريق، وعاق (cormorant) جالاباجوس الذي لا يطير طيور هائلة في السباحة. كان لى الشرف بأن أصبح مع عاق لا يطير في بركة صخرية كبيرة في جزيرة إيرابلا، وأسعدنى أن أشهد سرعته ورشاقته وهو يسعى ليخرج من شق تحت الماء للآخر، باقيا تحت سطح الماء لزمان طويل يأخذ بالأنفاس (كان لى ميزة استخدام جهاز غطس). طيور البطريق تستخدم أجنحتها القصيرة لتطير تحت الماء، أما عاق جالاباجوس فهو بخلاف ذلك يدفع نفسه باستخدام سيقانه القوية وقدمه الضخمة المكيفة بالجليدات، ويستخدم جناحيه فقط كأداة اتزان. إلا أن من الواضح أن كل الطيور التي لا تطير، بما في ذلك النعام وأشباهه، التي فقدت أجنحتها منذ زمن طويل جدا، من الواضح أنها كلها سلالة قد انحدرت من أسلاف استخدمت الأجنحة لتطير بها. لا يمكن لأى ملاحظ عاقل أن يشك جديا في حقيقة ذلك، وهذا يعنى أن أى شخص يفكر في هذا الأمر سيجد فيما ينبغى أن من الصعب جدا - إن لم يكن من المستحيل - أن يشك في حقيقة التطور.

هناك مجموعات عديدة مختلفة من الحشرات قد فقدت أيضا أجنحتها، أو أنها مختزلة إلى حد كبير. هناك حشرات لا أجنحة لها منذ البداية مثل الحشرة لاحسة السكر (silverfish)، إلا أن البراغيث والقمل، هي بخلاف ذلك قد فقدت الأجنحة التي كان أسلافها يمتلكونها ذات يوم. إناث العثة العجورية لديها عضلات أجنحة

تتاميها متدنى، وبهذا فإنها لا تطير. هذه الإناث لا تحتاج للأجنحة لأن الذكور تطير إليها، وقد جذبتها مادة كيميائية مغوية تستطيع اكتشافها حتى عند تخفيفها تخفيفاً مدهلاً. لو كان للإناث أن تتنقل مثل الذكور، لربما لا ينجح هذا النظام، ذلك أنه بحلول الوقت الذى يطير فيه الذكر مرتفعاً إلى الممال الكيميائية الذى ينساق ببطء، فإن الإناث مصدر المادة الكيميائية ستكون قد تحركت لتتنقل بعيداً !

الذباب، بخلاف معظم الحشرات التى تمتلك أربعة أجنحة، لديه فقط جناحان، كما يدل على ذلك اسمه اللاتينى "Diptera". الجناحان الآخران أصبحا مختزلين إلى ما يسمى "بالموازنين"؛ وهذان يهتزان فيما حولهما بسرعة كبيرة مثل الهراوات الهديبة للريضة التى يشبهانها فى الشكل، ويعمل الموازنان كحبروسكوبات أو أدوات توارى ضئيلة الحجم. كيف عرفنا أن للموازنين قد انحدرنا من أجنحة الأسلاف. هناك أسباب عديدة لذلك. فهما يشغلان مكاناً من حلقة الصدر الثالثة يماثل بالضبط المكان الذى تشغله أجنحة للطيران فى حلقة الصدر الثانية (والحلقة الثالثة أيضاً فى للحشرات الأخرى). وهما يتحركان بالنمط نفسه فى شكل حرف الثمانية الإنجليزى "8" بمثل نمط تحرك أجنحة الذباب. الموازنان يتنعان إمبيرولوجيا المسار نفسه كالأجنحة، وعلى الرغم من ضئالة حجمهما، إلا أننا عندما ننظر إليهما بعناية، خاصة أثناء تتاميهما، نستطيع أن نرى أنهما أجنحة قد قُزمت، ومن الواضح أنه تم تعديلها مما كان أصلاً أجنحة عند الأسلاف - هذا إلا إذا كنت ممن ينكرون التطور. يوجد ما يثبت القصة نفسها، وهو أن هناك ذباب فاكهة طافر، ما يسمى بطافرات جينات تعيين الموضع، ويكون هناك شذوذ فى إمبيرولوجية هذا الذباب فلا ينمى موازنين وإنما ينمى جناحين اثنين آخرين، مثل النحلة أو أى نوع آخر من الحشرات.

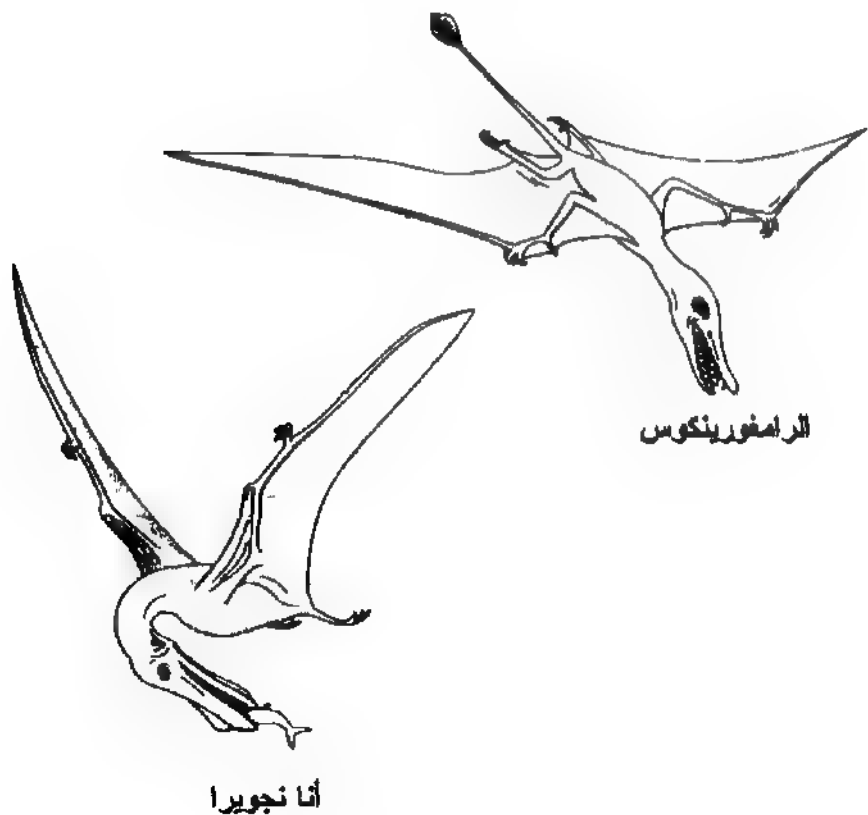


الموازنات في الذبابة الكركية

ما الذى كانت تدور عليه المراحل للتوسطية بين الأجنحة والموازنات، ولماذا حبذ الانتخاب الطبيعي هذه التوسطيات؟ ماهى فائدة نصف موازن؟ ج.و. من برنجل أستاذ قديم لى فى أوكسفورد، أدت طلعته المتجهمة وطريقة حركته المتصلبة إلى أن أكسبته كنية "جون الضاحك"، وقد كان هو المسئول الرئيسى عن استنتاج طريقة عمل الموازنات. أوضح برنجل أن كل أجنحة الحشرات لديها عند قاعدتها أعضاء حس بالغة الصغر، تكتشف قوة اللف وغيرها من القوى. توجد عند قاعدة الموازنات أيضا أعضاء حس مماثلة تماما - وهذا دليل آخر على أن الموازنات أجنحة معدلة. قبل تطور الموازنات بزمان طويل، كانت المعلومات المتدفقة داخل الجهاز العصبى من أعضاء الحس عند قاعدتها تمكن الأجنحة التى تنز بسرعة أثناء الطيران من أن تعمل كألجهزة جيروسكوب بدائية. أى ماكينة

تطير تكون طبيعيا غير مستقرة، وهى بمدى ما تكون هكذا تحتاج إلى تعويض ذلك عن طريق تجهيزها بأجهزة معقدة، كالجيروسكوبات مثلا.

مسألة تطور كائنات تطير بثبات أو بغير ثبات لهى مسألة تثير اهتماما بالغا. انظر إلى الصورة التالية لزاخفين طائرين مفترضين من البتيروسورات المعاصرة للديناصورات. يستطيع أى مهندس طيران أن يخبرك أن "الرامفورينكوس"، *Rhamphorhynchus* وهو البتيروسور الأقدم المرسوم في قمة للصورة، لا بد وأنه كان يطير مترنا بثبات، بسبب ذيله الطويل الذى ينتهى بما يشبه مضرب كرة المائدة "البنج بونج".



"الرامفورينكوس" لا يحتاج للتحكم المعقد بالجيروسكوب مثلما يفعله الدباب بموارناته، ذلك أن ذيل "الرامفورينكوس" يجعله ثابتاً فطرياً. ومن الناحية الأخرى فإنه لن تكون له قدرة مناورة بدرجة كبيرة، الأمر الذي يمكن أن يخبرك به المهندس نفسه. هناك في أى ماكينة طائرة نوع من المقايضة بين الثبات والقدرة على المناورة. العالم للعظيم جون ماينارد سميث عمل كمهندس طيران قبل أن يعود إلى الجامعة ليدرس علم الحيوان (على أساس أن الطائرات تتأثر ضجيجاً وأصبحت من طراز عتيق)، وقد أوضح سميث أن الحيوانات الطائرة تستطيع التنقل في الزمان التطوري أماماً وخلفاً بطول مدى طيف من هذه المقايضات، فتفقد أحياناً ثباتها الفطري في صالح زيادة قدرتها على المناورة، ولكنها تدفع الثمن في شكل تزايد توفير الأجهزة لها وتزايد قدرتها على الحوسبة - أى تزايد قدرة المخ. يظهر في أسفل الصورة السابقة الزاحف الطائر "أنانجويرا"، *Anhanguera*، وهو بتيروداكتيل متأخر من العصر الطباشيري منذ ما يقرب من ٦٠ مليون سنة بعد "الرامفورينكوس" الذي ينتمي للعصر الجوراسي. "الأنانجويرا" يكاد لا يكون له ذيل مطلقاً، مثل الخفاش الحديث. ومن المؤكد أنه مثل الخفاش كان كطائرة غير ثابتة، ويعتمد على الأجهزة والحوسبة ليمارس تحكماً بارعاً لحظة بلحظة على أسطح طيرانه.

"الأنانجويرا" طبعاً ليس لديه موازنات. لعله كان يستخدم أعضاء حس أخرى لتزوده بما يرادف ذلك من المعلومات، ربما بواسطة القنوات نصف الدائرية للأذن الداخلية. وقد كانت هذه القنوات بالغة الكبر حقاً في البتيروسورات التي تمت رؤيتها - وإن كان هناك لمحة عن ذلك فيها ما يخيب الأمل بصدد فرص ما يبارد

سميث، وهى أن هذه اللقنات كانت كبيرة فى "الرامفورينكوس" مثل كبرها فى "الأناجويرا". ولكن إذا عدنا للذباب، فإن برنجل يقترح أن أسلاف الذباب ذات الأربعة أجنحة ربما كان لديها بطن أطول يجعلها ثابتة فى طيرانها، وستعمل الأجنحة الأربعة كلها كجيروسكوبات بدائية. ثم يقترح أن أسلاف الذباب أخذت تتحرك بطول المدى المتصل للثبات، لتصبح أكثر قدرة على المناورة وأقل ثباتاً، وذلك عندما أخذ البطن يزداد قصراً، وأخذت الأجنحة الخلفية تتزاح لأكثر نجاه القيام بوظيفة الجيروسكوب (وهى وظيفة كانت تقوم بها دائماً إلى حد صغير وهى فى شكل أجنحة)، وأصبحت هذه الأجنحة تزداد صغراً، وتزداد ثقلاً بالنسبة لحجمها، فى حين تضخمت الأجنحة الأمامية لتتولى بأكثر مهمة الطيران. سيكون هناك هكذا حط متصل تدريجى من التغير، يزداد فيه دائماً قيام الأجنحة الأمامية لعبء الطيران، فى حين تنكمش الأجنحة الخلفية لتتولى مهمة الأدوات الإلكترونية اللازمة للطيران.

تعد شغيلة النمل أجنحتها، ولكنها لا تفقد القدرة على تنمية الأجنحة. لا يزال تاريخ أجنحتها يكمن داخلها. قد عرفنا ذلك لأن ملكات النمل (ودكوره) لديها أجنحة، والشغيلة إناث كان يمكن أن تكون ملكات، ولكنها لأسباب بيئية وليست وراثية قد فشلت فى أن تغدو ملكات^(١). من المفترض أن شغيلة النمل قد فقدت أجنحتها فى التطور لأنها مصدر إزعاج لها وتعرض الطريق تحت الأرض. هناك دليل بالغ القوة على ذلك توفره لنا ملكات النمل، التى تستخدم أجنحتها مرة واحدة، لتطير خارج عش مولدها، لتجد رفيقها الجنسى، ثم تحط لتحفر ثقباً لعش جديد.

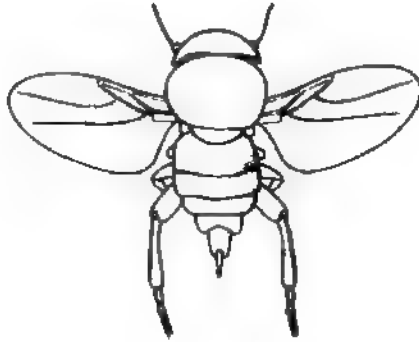
(١) اليرقات التى بتحدد مصيرها بأن تغدو ملكات تتغذى على إكسبرات خاصة تعززها عدد فى رأس الشغيلة المرضعة. من المهم جداً أن الاختلاف بين الملكات والشغيلة يتحدد بيناً وليس وراثياً. قد شرحت ذلك بأسهاب فى كتابى "الجين الأنثى".

عند بدء حياتها الجديدة تحت الأرض يكون أول ما تفعله هو أن تفقد أجنحتها، وفي بعض الأحيان تتخلص منها بأن تعضها بالمعنى الحرفي للكلمة: في هذا دليل مؤلم (ربما ليس مؤلماً؛ من يدرى؟) على أن الأجنحة مصدر إزعاج تحت الأرض. لا لعب في أس شغيلة النمل لا تنمى أبداً أى أجنحة في المقام الأول.

لعله ينبثق عن الأسباب نفسها أن عشب النمل وعشب الأرض يكون كل منها مأوى لحشد من طفيليات بلا أجنحة من أنواع كثيرة مختلفة، تتغذى على الفئات العنية التي تتدفق للداخل من التيارات ذات الحفيف الدائم من النمل والأرضة وهي تعود من حلب الطعام. والأجنحة تشكل معوقاً لهذه الطفيليات بما يماثل تماماً أنها معوقة للنمل نفسه. من الذي يصدق بأى حال أن صورة المسخ السابقة هي لذبابة؟ إلا أننا نعرف من الدراسة الدقيقة للتفصيلية لتشيريحها أنها ليست فحسب ذبابة، وإما نعرف أيضاً أن هذه الذبابة التي تتطفل على عشب الأرضة تنتمي إلى عائلة معينة من الذباب هي عائلة "الفوريدي"، Phoridae. الصورة التالية لذلك تصور عضواً من العائلة نفسها شكله طبيعي بأكثر، وهي فيما يفترض تشبه إلى حد ما الأسلاف المبححة للكائن المسخ الغريب غير المجنح في الصورة الأسبق، وإن كانت الذبابة الأخيرة تتطفل هي أيضاً على حشرات اجتماعية - هي في هذه الحالة النحل. تستطيع أن ترى أوجه الشبه للرأس ذات الشكل المنجلي للمسح الغريب في الصورة الأسبق، كما أن أجنحة المسخ المقزمة يمكن رؤيتها بالكاد كمثلاثات ضئيلة الحجم على الجانبين.



ذبابة طفيلية من عائلة فوريدى، Phoridae



ذبابة أخرى من عائلة فوريدى

هناك سبب إضافي لعدم وجود أجنحة في هذه المجموعات من الادهماء المندسين وواضعى اليد في أعشاش النمل والأرضة. الكثير من هؤلاء (وليس ذباب عائلة الفوريدى) قد اكتسبت عبر الزمان التطورى تشابها في الشكل مع النمل فيه وقاية لها، إما بغرض خداع النمل أو بغرض خداع المفترسين المحتملين الذين بغير ذلك ربما سيلتقطونهم من بين حشرات النمل المحمية بأكثر أو الأقل استساغة

في طعمها، أو ربما بغرض خداع الاثني معا. من منا عندما يلقى نظرة عارضة لا غير سوف يلاحظ في الصورة التالية التي تظهر حشرة تعيش في أعشاش النمل أن هذه الحشرة ليست نملة وإنما هي خنفساء؟ مرة أخرى كيف عرفنا ذلك؟ عن طريق لوجه الشبه العميقة التفصيلية للخنفاص، والتي يفوق عددها إلى حد هائل الملامح السطحية التي تشبه بها الحشرة النمل: وذلك بالضبط بالطريقة نفسها التي عرفنا بها أن الدرفيل ثديي وليس



خنفساء متكرة كنملة

بالسمك. هذه الحشرة لديها سلفها الخنفسى مسجل فيها كلها، وذلك فيما عدا استثناءات (كما في حالة الدرفيل) في تلك الملامح التي تحدد مظهرها السطحي، مثل عدم وجود أجنحة ومثل بروقيلها المشابه للنمل.

أعين مفقودة

فقدت حشرات النمل أجنحتها هي وزملاؤها في التنقل تحت الأرض، ونجد بمثل ذلك تماماً أن صنوفاً عديدة مختلفة من الحيوانات، التي تعيش في أعماق

الكهوف المظلمة حيث لا يوجد ضوء، قد اختزلت أو فقدت أعينها، وهي كما لاحظ داروين تكاد تكون عمياء. سكت كلمة "ساكن الظلام، Troglobite"^(١) لتدل على الحيوان الذى يعيش فقط في أظلم جزء من الكهوف ويبلغ من تخصصه في ذلك أنه لا يستطيع أن يعيش في أى مكان آخر. تشمل هذه الفئة حيوانات من السلمندر، والسماك، والجمبرى، وجراد البحر، والديدان الألفية، والعناكب، وصرار الليل وحيوانات أخرى كثيرة. وكثيرا جدا ما تكون هذه الحيوانات بيضاء، إذ تفقد صبغتها كلها، كما أنها تكون عمياء. على أنها عادة تحتفظ بأثر باقية للأعين، وهذا هو السبب المهم لنكرها هنا. هذه الآثار للأعين دليل على التطور. سلمندر الكهوف باعتبار أنه يعيش في ظلام مستمر لا حاجة لديه لاستخدام العين، لماذا إذن، إن كان هناك تصميم مسبق، يزود السلمندر بشبه عين كالتمية، لها صلة واضحة بالعين ولكنها لا تؤدي وظيفة؟

التطوريون من جانبهم يلزم أن يتوصلوا لتفسير لنقد العين حيث لا تكون هناك بعد حاجة لها. قد يقال مثلا لماذا لا يحدث أن تتركب عينيك حتى إذا كنت لا تستعملها أبدا؟ ألا يمكن أن تغدو ملائمة للاستخدام عند بعض نقطة من المستقبل؟ لماذا "ترعج" نفسك بالتخلص منها. فيما يعرض، دعنا نلاحظ كيف يصعب علينا أن نقاوم هنا استعمال لغة القصد، والهدف، والتشخيصية. إذا التزمنا بالدقة في كلامنا لكان ينبغي ألا أستخدم كلمة "ترعج" نفسك، أو ينبغي على ذلك؟ كان ينبغي أن أقول شيئا مثل، "كيف يفيد فقدان العين فردا من سلمندر الكهوف بحيث يكون من الأرجح له أن يظل باقيا في الوجود ويتكاثر بدرجة أكبر مما يرجح لسلمندر منافس يحافظ على عينين اثنتين سليمتين، حتى وإن كان لا يستخدمهما أبدا؟

(١) نعم، Troglobite، ساكن أظلم جزء" وليس "troglodyte، ساكن الكهوف" التى تعنى شيئا أقل نظرا.

حسن، يكاد يكون من المؤكد أن الأعين ليست بغير تكلفة. إذا نحينا جانباً ما يقبل الجدل بشأن التكلفة الاقتصادية المتواضعة لصنع العين، فإن محجر العين الرطب، الذي يلزم أن يكون مفتوحاً على العالم ليتلاءم مع مقلة العين الدوارة بسطحها الشفاف، قد يكون عرضة للإصابة بالعدوى. وبالتالي، فإن سلمندر الكهف الذي أحكم سد عينه خلف جلد متين من الجسم ربما يظل باقياً في الوجود بأحسن من فرد منافس أبقي على عينيه.

على أن هناك طريقة أخرى للإجابة عن هذا السؤال، إجابة منورة بالمعلومات، لا تتطلب مطلقاً أية لغة تتحدث عن المزاي، ناهيك عن الهدف أو التشخيص. عندما نتحدث عن الانتخاب الطبيعي، فنحن نفكر بلغة من طفرات مفيدة نادرة تظهر ويحاييها الانتخاب إيجابياً. إلا أن معظم الطفرات ليست مواتية لصالح الكائنات، وليس السبب الوحيد لذلك أنها عشوائية، فهناك طرائق لأن يكون الحال أسوأ هي أكثر من طرائق أن يكون الحال أفضل^(١). الانتخاب الطبيعي سرعان ما ينزل عقابه بالطفرات السيئة. الأفراد الذين يحوزون طفرات سيئة يريد رجحان موتهم ويقل رجحان تكاثرهم، ويؤدي هذا أوتوماتيكياً إلى إزالة هذه الطفرات من المستودع الجيني. يتعرض جينوم أي حيوان ونبات إلى القذف المتصل بطفرات ضارة: نوع من التآكل بزوبعة من البرد. يشبه ذلك نوعاً ما يحدث

(١) يصدق هذا بوجه خاص على الطفرات التي لها تأثير كبير. دعنا نفكر في ماكينة رهيبة مثل الراديو أو الكمبيوتر. الطفرة الكبيرة تشبه أن ترفض أياً منهما بجذء ثبت فيه مسامير باردة، أو قطع أحد الأسلاك عشوائياً، وإعادة وصله في موضع مختلف. "ربما" قد يحدث أن يحسن هذا من أداء الجهاز، ولكن هذا غير مرجح إلى حد كبير. من الناحية الأخرى ترادف الطفرة "الصغيرة" صنع تكيف بالغ الصغر يكون مثلاً في إحدى المقامات، أو في مفتاح المحطات في الراديو كلما كانت الطفرة أصغر، زادت فرصة أن يكون احتمال التئحم أقرب لنسبة الحمسير في المائة.

لسطح القمر، الذي يزداد نقره بالحفر بسبب قذفه المطرد بالنيازك. فيما عدا استثناءات نادرة، فإنه في كل مرة يحدث لأحد الجينات المختصة بالعين مثلا أن يُصاب بطفرة غازية، تصبح العين عندها أقل قليلا في أداء وظيفتها، وأقل قليلا في قدرتها على الرؤية، وأقل قليلا من جدارتها لاسم العين. الحيوان الذي يعيش في الضوء ويستخدم حاسة البصر عندما تحدث له طفرات ضارة هكذا (وهي الأغلبية) فإنه يتم التخلص منها سريعا من المستودع الجيني بواسطة الانتخاب الطبيعي.

أما في حالات الاضطلام التام، فنسجد أن الطفرات الضارة التي تُذف بها جينات صنع العين لا ينزل بها عقاب. الرؤية على أي حال تكون مستحيلة. عين سلمندر الكهف هي مثل القمر، منقورة بالحفر الطفرية التي لا يتم أبدا التخلص منها. عين السلمندر الذي يقطن في مأوى بضوء النهار تشبه كوكب الأرض، فهي تصاب بالطفرات بالمعدل نفسه مثل ساكني الكهف، ولكنها تتخلص من كل طفرة ضارة (أو حفرة) بواسطة الانتخاب الطبيعي (التأكل). لا شك في أن قصة عين ساكن الكهف ليست فقط قصة سلبية: فالانتخاب الطبيعي يدخل فيها أيضا، ليحبذ تنامي الحلد للواقى فوق المحاجر الحساسة للأعين التي يرداد تلفها من الوجهة البصرية.

من بين الآثار التاريخية الباقية الأكثر إثارة للاهتمام، تلك الملامح لأشياء تُستخدم لبعض هدف (وبالتالي فإنها ليست بواقى أثرية بمعنى أنها ظلت معمرة بعد زوال عرصها)، ولكنها تبدو وقد صممت تصميمًا سيئا لهذا الهدف. عين الفعاريات في أفضل حالاتها - كما مثلا في عين الصقر أو عين الإنسان - تشكل جهازا ممتازا في دقته، له القدرة على أداء إنجازات فذة فيها رهافة في دقة تحديد الصور بما ينافس أفضل ما تصنعه شركات العدسات مثل زايس ونيكون. لو لم تكن هذه الأعين هكذا لكانت شركات زايس ونيكون تضيع وقتها عندما تنتج صورًا فائقة

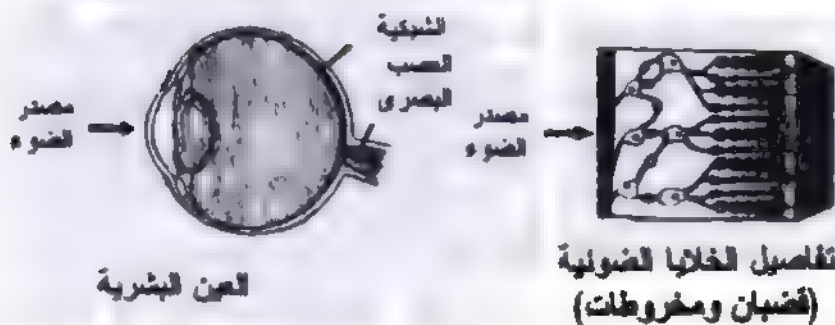
التحدد لتتظر إليها أعيننا. ومن الناحية الأخرى هناك هرمان فون هيلمهولتز العالم الألماني الشهير في القرن التاسع عشر (الذي يمكن أن تقول عنه أنه عالم فيزياء، إلا أن إسهاماته في البيولوجيا وعلم النفس كانت أعظم)، وهو يقول عن العين: "لو أن نظاراتي أراد أن يبيع لي جهازا فيه كل هذه العيوب، فإنني فيما ينبغي أرى أن هناك ما يبرر لي تماما أن أوجه له اللوم لما حدث منه من إهمال بأقوى معنى للكلمة، وأعيد له جهازه هذا". على أن أحد الأسباب التي تبدو العين بها في حال أفضل مما حكم به هيلمهولتز الفيزيائي هو أن المخ ينجز مهمة مذهلة يزيد بها من توضيح الصور فيما بعد، بما يشبه أن يكون نوعا من جهاز معالجة لاحقة أتوماتيكية "Photostop"، فوتوستوب" فائق في الرقي. بمدى ما يختص بالبصريات، نجر العين البشرية صفة الدقة كأجهزة زائس/ نيكون إنجازا يكون فقط عند "نقرة الشبكية، Fovea" أو الجزء المركزي من الشبكية الذي نستخدمه للقراءة. عندما لمسح مشهدا، فإننا نحرك نقرة الشبكية عبر أجزائه المختلفة، ونرى كل منها بأقصى تفصيل ودقة، وبخدعنا "الفوتوستوب" في المخ بأن يجعلنا نعتقد أننا نرى المشهد كله بالدقة نفسها. أرقى أنواع عدسات زائس أو نيكون تُظهر لنا "بالفعل" المشهد كله بوضوح يكاد يكون بدرجة متساوية.

هكذا فإن ما ينقص العين من حيث البصريات يعوضه المخ ببرمجاته المعقدة الراقية لمحاكاة الصور. ولكني لم أذكر بعد أكثر الأمثلة إبهارا لعدم الكمال في بصريات عيننا، وهي أن وضع الشبكية مقلوب من الأمام الخلف.

دعنا ننخيل وجود هيلمهولتز في زمن لاحق يمثل فيه مهندس معه كاميرا رقمية، ولها شاشة من خلايا ضوئية باللغة الصغر، نظمت بحيث تلتقط الصور لعرضها مباشرة على سطح الشاشة. يبدو هذا معقولا تماما، ومن الواضح أن كل حلية صونية لها سلك يربطها بجهاز حوسبي من بعض نوع يتم فيه توارن الصور

والتأكد من صحة ترتيبها. هذا مرة أخرى معقول تماما. لن يحدث أن يعيد هيلمهولتز الجهاز للنظاراتي.

ولكن لنفترض الآن أني سأقول لك أن خلايا العين الضوئية تتجه للخلف، بعيدا عن المشهد الذي يتم النظر إليه. "الأسلاك" التي تربط الخلايا الضوئية بالمخ تجري فوق كل سطح للشبكية، وبالتالي فإن أشعة الضوء يكون عليها أن تمر خلال سجادة من أسلاك متكتلة قبل أن تصل إلى الخلايا الضوئية. ليس هذا بالمعقول.



بل أن الأمر يزداد سوءا. إحدى النتائج التي تترتب على اتجاه الخلايا الضوئية إلى الخلف هي أن الأسلاك التي تحمل بياناتها عليها بطريقة ما أن تمر خلال الشبكية لتعود إلى المخ. ما تفعله هذه الأسلاك في عين الفقاريات هي أنها تتجمع كلها لتتلاقى عند ثقب معين في الشبكية لتفوض من خلاله. يسمى هذا الثقب المليء بالأعصاب بالنقطة العمياء؛ وذلك لأنها عمياء حقا، إلا أن وصف الثقب "بالنقطة" فيه مبالغة أكثر مما ينبغي؛ وذلك لأنه كبير تماما مما يجعله أشبه "بالرقعة" العمياء، على أن هذا مرة أخرى ليس بالذي يضايقنا كثيرا بالفعل بسبب ما يوجد في المخ من مبرمجة "الفوتوستوب الأوتوماتيكية". مرة أخرى يُرسل ذلك وراء، ليس هذا بتصميم سيئ فحسب، وإنما هذا تصميم غبي بالكامل.

ليس كذلك؟ إذا كانت الأمور هكذا، فإن الإبصار بالعين سيكون سيئا لدرجة رهيبة، ولكن العين ليست سيئة لهذه الدرجة، بل أنها بالفعل ممتازة جدا. فهي ممتازة لأن الانتخاب الطبيعي الذي يعمل كأداة جرف لما لا يحصى من التفاصيل الصغيرة، يأتي هنا بعد وقوع الخطأ الأصلي الكبير في تصميم الشبكية وهي متجهة للوراء وبستعيد الانتخاب الطبيعي وضع العين كجهاز دقيق بدرجة جودة عالية. يذكرني هذا بملحمة هابل تليسكوب الفضاء. لعل القارئ يتذكر أنه عند إطلاق هذا التليسكوب في ١٩٩٠، اكتُشف أن فيه خلل كبير. ترتب على وجود خطأ لم يكتشف في جهاز معايرة المرأة الرئيسية أثناء صقلها وتلميعها أن قلت قدرة هذه المرأة بعض الشيء في أداء البصريات، ولكن ذلك كان له آثاره الخطيرة. أطلق التليسكوب في مداره، وبعدها تم اكتشاف ما فيه من عيب. وفي إجراء جسور فيه سعة حيلة، تم إرسال بعثة من رواد الفضاء إلى التليسكوب، ونجح أفرادها في أن يرودوه بما يشبه عوينات نظارة. بعد ذلك عمل التليسكوب على أحسن وجه، وأحرقت له فيما بعد تحسينات أخرى بواسطة ثلاث بعثات صيانة تالية. النقطه التي أريد توضيحها هو أنه عندما يحدث خلل كبير في التصميم - يسبب ارتساکا كارثيا - فإنه يمكن تصحيحه بأعمال سمكرة تالية، فيها من البراعة والحلول الصعبة المتشاكسة ما يمكن في الظروف المناسبة من التعويض تماما عن الخطأ الأصلي. يحدث عموما في التطور، أن الطفرات الكبرى، حتى لو كانت تؤدي إلى تحسينات تكون عموما في الاتجاه الصحيح، فإنها تكاد دائما تتطلب فيما يلي إجراء عمليات سمكرة كثيرة - عملية تجريف بواسطة الكثير من الطفرات الصغيرة التي تأتي لاحقا ويحبذها الانتخاب لأنها تصقل ناعما الأطراف الخشنة التي تتحلط عن الطفرة الكبيرة الأصلية. هذا هو السبب في أن البشر والصقور لهم قدرة إبصار ممتازة، رغم الحلل المربك في التصميم الأصلي. مرة أخرى يقول هيلمهولتر:

بالنسبة للعين فإن فيها كل عيب محتمل يمكن العثور عليه في جهاز بصرى، بل حتى أيضا بعض العيوب الخاصة بها؛ إلا أنه بالنسبة لهذه العيوب كلها يجرى تنفيذ إجراءات مضادة لها، بحيث أنه في ظروف الإضاءة الطبيعية، نجد أن عدم انضباط الصورة الناجم عن وجود هذه العيوب، لن يتجاوز إلا بمقدار قليل جدًا الحدود التي تضعها أبعاد مخروطات الشبكية لرهافة الإحساس. على أنه إذا وجدت ملاحظتنا تحت ظروف مختلفة نوعا، فإننا سرعان ما نصبح واعين للزيف اللوني، وانحراف البؤرة الاستجمي، والنقط العمياء، والظلال الوريدية، ونقص لكتمال شفافية الأوساط، وكل تلك العيوب الأخرى التي تكلمت عنها .

تصميم غير ذكى

هناك هكذا نمط من أخطاء كبيرة في التصميم يتم التعويض عنها بما يتلو ذلك من أعمال سمكرة، وهذا بالضبط ما ينبغي ألا نتوقعه لو كان هناك حفا تصميمات مسبقة. ربما نتوقع أخطاء بسبب حظ سيئ، كما في الزرع الكروى لمرأة هابل، ولكننا لا نتوقع غباء واضحا في تصميم مسبق كما في وضع الشبكية مقلوبة من الأمام للخلف. وجود تخطيط من هذا النوع لا ينتج عن التصميم السيئ وإنما ينتج عن "التاريخ".

من الأمثلة المفضلة عندى ما أوصحه لى الأستاذ ج. ج. كرى وهو يدرس لى وأنا طالب جامعى، وذلك هو مثل العصب الحنجرى الراجع^(١). هذا العصب فرع من أحد الأعصاب الجمجمية، وهى أعصاب تخرج مباشرة من المح بدلا من أن تخرج من الحبل الشوكى. للعصب "الحائر، vagus" هو أحد الأعصاب الجمجمية (واسمه يعنى أنه يتجول هائما وهو اسم يلائمه تماما) ولهذا العصب فروع شتى، يذهب اثنان منها للقلب، ويذهب فرعان آخران على كل جانب إلى الحنجرة (وهى صندوق الصوت عند الثدييات). في كل جانب من جانبي الرقبة يذهب أحد فروع العصب للحنجری مباشرة إلى الحنجرة، متبعا طريقا مستقيما مما قد يختاره التصميم الجيد. للفرع الآخر يذهب إلى الحنجرة بطريق فيه انعطاف والتفاف مدهل. فهو يغوص لأسفل مباشرة في الصدر، ثم يلتف لولبيا حول أحد الشرايين الرئيسية التى تخرج من القلب (يختلف الشريان في الحائث الأيسر عن الشريان في الجانب الأيمن، ولكن المبدأ متماثل في الجانبين)، ثم يتحى العصب بعد هذا الالتفاف ليعود مرتفعا في الرقبة ليصل إلى وجهته.

لو نظرنا للعصب الحنجرى الراجع على أنه ناتج عن تصميم مسبق لكان في ذلك ما يثير الخزى، سيكون لدى هيلمهولتز عندها سبب ليعيد الجهار لصاحبه هو حتى سبب أقوى من سبب إعادة العين. على أنه يحدث هنا مثل ما حدث مع العين، أن الحال سيبدو معقولا تماما بمجرد أن تنسى أمر التصميم ونفكر بدلا منه في التاريخ. لفهم الحالة نحتاج إلى أن نعود وراء إلى العهد الذى كان أسلافنا فيه من الأسماك. السمك لديه قلب بحجرتين بخلاف قلبنا بحجراته الأربع. قلب السمك

(١) هذا المثال مفضل أيضا عند زميلى جبرى كوين. في كتاب لكوين اسمه "السبب في أن التطور حقيقى" بجبرى كوين مناقشة لهذا المثال فيها وضوح رائع، وهو ما أوصى بقراءته مع باقى هذا الكتاب الممتاز.

يضخ الدماء أماما من خلال شريان مركزى كبير اسمه الأورطى البطنى. يخرج عادة من الأورطى البطنى ستة أزواج من الأقارع تؤدى إلى الخياشيم الستة الموحودة في كل جانب. ثم يمر الدم بعدها خلال الخياشيم حيث يمتزج معه الأوكسجين بنراء. يتجمع الدم أعلى الخياشيم في ستة أزواج أخرى من اللأوعية الدموية تصب في وعاء دموى كبير آخر يجرى بطول الوسط ويسمى الأورطى الظهري وهو يغذى باقى الجسم. الأزواج الستة لشرايين الخياشيم فيها دليل على الخريطة "الحلقية" لجسم الفقاريات، والتي نراها في الأسماك على نحو أجلي وأوضح مما نراه فينا. من الرائع أن هذه للحلقات واضحة جدا في "الأجنة" البشرية، حيث نجد أن الأقواس "البلعومية" مستقاة بوضوح من خياشيم أسلافنا. الأمر الذى يمكن أن ندركه عندما ننظر إلى تشريحها التفصيلي. وهى بالطبع لا تعمل كخياشيم، إلا أن الأجنة البشرية وهى في عمر من خمسة أسابيع يمكن اعتبارها كاسماك صغيرة وردية لها خياشيم. مرة أخرى لا أملك إلا أن أتساءل متعجبا عن السبب في أن الحيتان والدراجيل، وحيوانات الأطوم وبقر البحر لم يحدث لها أن تعيد تطوير خياشيم تؤدى وظيفتها. هناك حقيقة أنها مثل كل الثدييات لديها من الأقواس البلعومية الدعامات الجنينية لتنمية الخياشيم، وهى حقيقة تطرح لنا أنه ينبغي ألا يكون من الصعب جدا تنمية الخياشيم في هذه الحيوانات. لا أدري سببا لأنها لا تفعل ذلك، ولكنى متأكد إلى حد كبير من أن هناك سببا قويا لذلك، وأن هناك شخصا ما إما أنه يعرف السبب أو يعرف طريقة لإجراء بحث في ذلك.

كل الفقاريات لها خريطة جسم ينقسم لحلقات، على أننا نجد في الثدييات البالغة، عند مفارقتها إزاء أجنحتها، أن هذا التقسيم الحلقى لا يتضح إلا في المنطقة الشوكية حيث الفقرات والأضلاع، والأوعية الدموية، والكتل العضلية (الميوتومات)، والأعصاب، كلها تتبع نمطا من تكرار للوحدات من الأمام للخلف. كل حلقة من العمود الفقري لديها عصبان كبيران ينبثقان من الحبل الشوكى على

الجانبين يسميان بالجذر الظهرى والجذر البطنى. غالبا ما تؤدي هذه الأعصاب مهمتها، أي ما تكون هذه المهمة، بالقرب من الفقرة التي نشأت عندها، إلا أن بعضها ينطلق لأسفل في الساقين والبعض ينطلق لأسفل الذراعين.



القوس البلعومية في جنين بشري

يتبع الرأس والعنق أيضا الخريطة الحلقية نفسها، ولكنها أصعب في تبيينها، حتى في السمك؛ لأن الحلقات بدلا من أن تنتظم في ترتيب منظم في مصفوفة من الأمام للخلف يمثل ما توجد به في العمود الفقري، نجد أنها تختلط بغير نظام عبر الزمان التطوري. أحد انتصارات علوم التشريح المقارن والإمبيولوجيا المقارنة في القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين أن تمكن العلماء من تمييز الآثار الشبكية للحقات في الرأس. مثال ذلك أن أول قوس للخياشيم في الأسماك التي لا فك لها مثل السمك الجلكى "lamprey" (وكذلك في أجنة الفقاريات التي لها فك) يناظر هذا القوس الفك في الفقاريات ذات الفك (أي كل الفقاريات الحديثة فيما عدا السمك الجلكى وسمك الجريث "hagfish").

الحشرات أيضا هي والمفصليات مثل القشريات، لديها خريطة حسم بحلقات، كما رأينا في الفصل العاشر. ومرة أخرى كان هناك انتصار مماثل آخر بين لنا أن رأس الحشرة تحوي أول ست حلقات - هي مرة أخرى مختلطة بلا نظام - وهي حلقات كانت في أسلافها البعيدة منظمة في سلسلة من الوحدات بما يماثل تماما ما هو موجود في سائر الجسم. هناك انتصار آخر لعلوم الإمبريولوجيا والوراثة في أواخر القرن العشرين عندما تبين أن التكوين الحلقى في الحشرات والتكوين الحلقى في الفقاريات أبعد من أن يكونا مستقلين أحدهما عن الآخر كما كان يدرس لى، فهما يتماثل بالفعل بواسطة مجموعتين متشابهتين من الجينات تسمى جينات "هوكس" (hox)، وهي جينات تتشابه بوضوح يمكن إدراكه في الحشرات والفقاريات وحيوانات أخرى كثيرة، بل أن هذه الجينات تكون حتى منتظمة في الترتيب المتسلسل الصحيح في الكروموسومات! هذا شيء ما كان أى ممن درسوا لى يحلم به وقت أن كنت أدرس كطالب في الجامعة دراسات منفصلة تماما عن التنظيم الحلقى في الحشرات والفقاريات. الحيوانات في شعبها المختلفة (كما مثلا في الحشرات والفقاريات) فيها توحد على نحو أكثر كثيرا مما نعودنا أن نعتقد. وهذا أيضا سببه التشارك في السلف. خريطة جينات الهوكس قد حططت من قبل في السلف الأعلى لكل الحيوانات ذات السمترية في الحائبيين. الحيوانات كلها على علاقة قرابة كإبناء عمومة هي علاقة لوثق كثيرا مما اعتدنا أن نعتقد.

هيا نعود الآن لرأس الفقاريات: من المعتقد أن الأعصاب الحمحمية هي سلالة منحدره من الأعصاب الحلقية وقد تنكرت تنكرا شديدا، وهذه الأعصاب الحلقية كانت في أسلافنا البدائية تشكل الطرف الأمامي من سلسلة من الحذور الظهرية والحذور الباطنية، تماثل تماما تلك التى لا تزال تتبقى لدينا من عمودنا الفقرى. كما أن الأوعية الدموية الرئيسية في صدرنا هي أثار وبقايا مشوشة لما كان ذات يوم بوضوح أوعية دموية حلقية تخدم الخياشيم. يمكننا القول بأن الصدر

التدبى قد أفسد ترتيب النمط الحلقى لخياشيم السلف من السمك، بالطريقة نفسها التى حدثت قبل ذلك عندما أقسدت رؤوس السمك النمط الحلقى للأسلاف الأقدم.

الأجنة البشرية لها أيضا أوعية دموية لإمداد "خياشيمها" التى تشبه كثيرا خياشيم السمك. هناك شريانان من الأورطى البطنى، واحد على كل جانب، مع أقواس أورطية حلقية، واحد في كل جانب لكل "خيشوم"، وهى مرتبطة بشريانى الأورطى الطهرى المزدوجين. تختفى معظم هذه الأوعية الدموية الحلقية في نهاية التامى الجنينى، إلا أن من الواضح كيف أن النمط في القرد البالغ مستمد من الخريطة الجينية - وكذلك أيضا من خريطة الأسلاف. إذا نظرنا إلى حنين بشرى بعد ما يقرب من ستة وعشرين يوما من الحمل، سنرى أن إمداد الدم إلى "الخياشيم" يشبه بقوة إمداد الأوعية الحلقية إلى خياشيم السمك. مع مرور الأسابيع التالية من الحمل تزداد سيطرة نمط الأوعية الدموية على مراحل، وتقتد سمتربتها الأصلية، وبحلول وقت ولادة الوليد تكون دورته الدموية منحازة بقوة لجهة اليسار - بما يحتلف تماما عن السمترية للمنظمة للجنين المبكر المشابه للسمك.

لن أدخل في التفاصيل المختلفة المربكة التى تبحث أمر أى من شرايين الصدر الكبيرة هي التى ظلت باقية من أى من شرايين الخياشيم السنة في عددها. كل ما يلزم لنا معرفته، حتى نفهم تاريخ أعصابنا الحنجرية الراجعة، هو أن العصب الحائر في السمك له أفرع تصل إلى آخر ثلاثة من الخياشيم الستة، وبالتالي فإن من الطبيعى بالنسبة لها أن تمر من خلف الشرايين الخاصة بالخياشيم. ليس هناك أى شىء "راجع" بالنسبة لهذه الفروع: إنها تسعى إلى أعضاء انتهائها، أى الخياشيم، وهى تسعى إليها بالطريق الأكثر مباشرة ومنطقية.

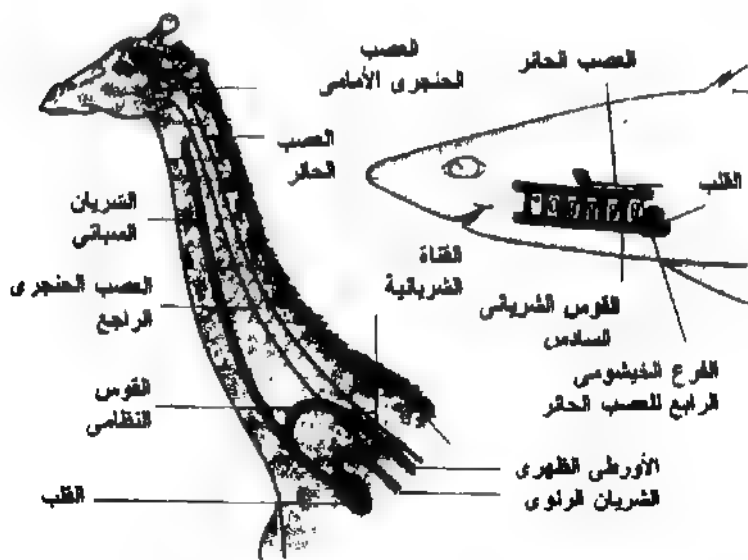
إلا أنه أثناء تطور الثدييات، تستطيل الرقبة (الأسماك لا رقبة لها) وتختفى الخياشيم، ويتحول بعضها إلى أشياء مفيدة مثل الغدة الدرقية والغدة جار الدرقية،

وشئى القطع والشدف التى تتجمع لتشكل الحنجرة. هذه الأشياء الأخرى المفيدة، بما فيها أجزاء الحنجرة، تتلقى إمدادها من الدم وارتباطاتها العصبية من السلالة التطورية للأوعية الدموية والأعصاب التى كانت ذات يوم تخدم الخياشيم بتتابعها المنتظم. مع استمرار تطور أسلاف الثدييات لأبعد وأبعد من أسلافها من السمك، وحدثت الأوعية الدموية والأعصاب نفسها وهى تُشد وتمطّ في اتجاهات محيرة، تشوه من علاقاتها المكانية أحدها بالآخر. تصبح الأمور في صدر ورقبة الفقاريات وقد فسد ترتيبها مختلطا ولا تعود بعد مشابهة للتكرار المتسلسل المنظم في سمترية في خياشيم السمك. وتعدّ الأعصاب الحنجرية الراجعة ضحايا لهذا التشوه بدرجة فيها مبالغة قصوى.

الصورة التالية أخذت عن كتاب دراسي ألفه بيرى وهالام في ١٩٨٦. وتوضح كيف أن العصب الحنجري ليس فيه التقاف ورجوع في سمك الفرش. لتوضيح الالتفاف في أحد الثدييات اختار بيرى وهالام الزرافة - وأى مثل يمكن أن يكون مذهلا أكثر مما فيها؟

سنجد عند أحد الأفراد أن طريق العصب الحنجري الراجع يمثل رجعة ملتفة ربما تصل إلى عدة بوصات. أما في الزرافة، فإنها بدون أى مزاح، رجعة ملتفة تتجاوز الكثير من الأقدام - وتتخذ التقافا ربما يصل إلى ١٥ قدما في الحيوان البالغ الكبير! في اليوم التالي "ليوم داروين" ٢٠٠٩ (الذكرى المائتين لمولده) شرفت بأن أقصى اليوم كله مع فريق من علماء التشريح المقارن، وعلماء الباثولوجيا البيطرية في الكلية البيطرية الملكية قرب لندن، حيث أجروا تشريحا لزرافة صغيرة السن ماتت لسوء الحظ في حديقة الحيوان. كان هذا يوما لا ينسى، يكاد يكون خيرة سريلية بالنسبة لى. غرفة أو مسرح العمليات "operatig theatre" كانت مسرحا بالمعنى الحرفى للكلمة، وهناك لوح زجاجي هائل يفصل "المسرح" عن مقاعد

مصفوفة يجلس فيها طلبة الطب البيطرى وهم يراقبون ما يجرى لساعات في كل مرة. ظلوا طول اليوم - وهو لا بد يوم شاذ عن السياق الطبيعى لخبرتهم كطلبة - وهم جالسين في المسرح المظلم ويحدقون من خلال الزجاج إلى المشهد المضاء ساطعا، ويستمعون إلى الكلمات التى ينطق بها افراد فريق التشريح، وكلهم مجهزون بميكروفونات للحلق، بمثل ما جهز لى أنا وفريق الإنتاج التلفزيونى وهم يصورون فيلما وثائقيا ليعرض فيما بعد على القناة الرابعة. وضعت الزرافة فوق مائدة التشريح الكبيرة المنحنية في زاوية، وقد رفعت إحدى سيقان الزرافة عاليا في الهواء معلقة بخطاف وبكرة، وكُشفت بارزة رقبتها الهائلة الهشة إلى حد بالغ وهى تحت الأضواء الالامعة. كان جميع الموجودين في جانب الزرافة من الجدار الزجاجى قد خضعوا لأوامر صارمة بارتداء أوفرولات برتقالية، وأخذية عالية بيضاء، وعزز هذا بطريقة ما نوعية ذلك اليوم الشبيه بالأحلام.



العصب الحنجري في الزرافة وسمك القرش

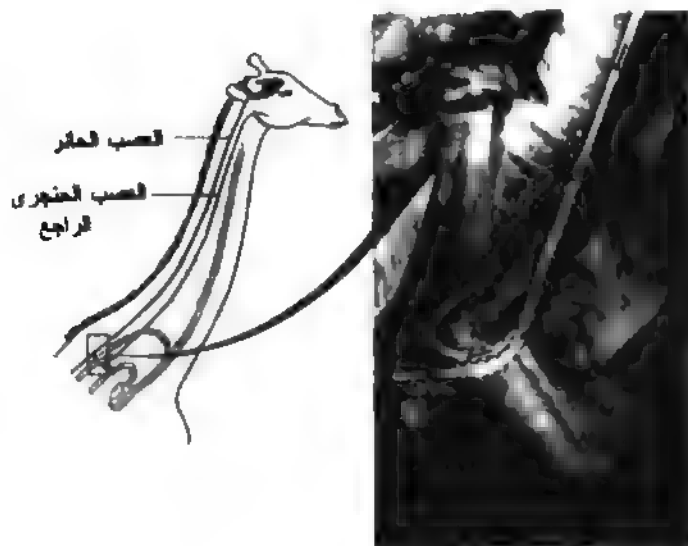
مما يدل على طول لفة الرجوع التى يتخذها للعصب الحنجرى الراجع أن الأعضاء المختلفين في فريق علماء التشريح كانوا يعملون في أن واحد على الامتدادات المختلفة للعصب - الحجرة قرب الرأس، ورجعة العصب نفسها قرب القلب، وكل ما بين ذلك من محطات - وذلك بدون أن يعترض أحدهم طريق الآخر، ونادرا ما كانوا يحتاجون لأن يتحدث أحدهم مع الآخر. أخذوا في صر يخلصون المسار الكامل للعصب الحنجرى الراجع: هذه مهمة صعبة، لم يحدث فيما أعرف أن تم إنجازها منذ زمن ريتشارد أوين عالم التشريح العظيم في العصر الفكتورى، وقد أنجزها في ١٨٣٧. المهمة صعبة لأن العصب رفيع جدا، بل إنه حتى كالخيط في الجزء الراجع منه (أفترض أنه كان ينبغي على أن أعرف ذلك، إلا أن الأمر مع ذلك كان فيه مفاجأة لى عندما رأيته بالفعل) ومن السهل أن تقوت المرء رؤيته في تلك الشبكة المعقدة من الأغشية والعضلات التي تحيط بالفصية الهوائية. العصب أثناء رحلته لأسفل يمر على بعد بوصات من مقصده النهائي، أى من الحجرة (وهو عند هذه النقطة يكون محزوما مع العصب الحائر الأكبر منه). إلا أنه يواصل طريقه منحدرًا لأسفل بكل طول العنق، ثم يلتف عائداً ويقطع كل الطريق ثانية لأعلى. ثار إعجابى الشديد بمهارة الأستاذة جراهام ميتشيل وجوى ريدسرح والخبراء الآخرين الذين يجرون التشريح، ووجدت أن احترامى لريتشارد أوين قد ترايد (وهو عدو لدود لداروين). إلا أن أوين المؤمن بالمذهب التكويني قد فشل في استنباط الاستنتاج الواضح من تشريح العصب. أى تصميم مسبق ذكى كان عليه أن يبتعد بالعصب الحنجرى عن طريقه الطويل لأسفل، وأن يصمم بدلا من هذه الرحلة الطويلة لأمتار كثيرة، رحلة قصيرة من سنتيمترات قليلة.

بصرف النظر عما يحدث من تبديد الموارد الذى يتطلبه صنع عصب طويل هكذا، فإبى لا أملك إلا أن أتساءل عما إذا كان إصدار الأصوات من الزرافة يتعرض هكذا للتأخير، مثلما يحدث لمراسل صحفى يتحدث عبر وصلة لقمر

صناعي. قال لي أحد المراجع الثقة: "على الرغم من أن الزرافة لديها حنجرة تنامت جيدا، كما أن الزرافة ذات طبيعة اجتماعية، إلا أنها لا تستطيع أن تطلق أصواتا إلا من نوع ثغاء أو أنات خافتة * . إنها لفكرة محببة أن الزرافة تتمتع، ولكنني لن أتابعها هنا. للنقطة المهمة هي أن كل هذه القصة عن التفاف العصب فيها مثل رائع عن كيف أن الكائنات الحية بعيدة تماما عن أن يكون لها تصميم جيد. بالنسبة لمن يؤمن بالتطور، يكون السؤال للمهم هو لماذا لا يفعل الانتخاب الطبيعي مثل ما كان سيفعله مهندس التصميم: أن يعود ثانية إلى لوحة الرسم الهندسية ويعيد تصميم الأمور على نحو معقول. إنه السؤال نفسه الذي نلاقه المرة بعد الأخرى في هذا الفصل، وقد حاولت الإجابة عنه بطرائق مختلفة. العصب الحنجرى الراجع يساعد بنفسه على إعطاء إجابة بلغة مما يسميه الاقتصاديون "التكلفة الحدية" (*) أثناء استقالة عنق الزرافة ببطء عبر الزمان التطوري، تزايد تدريجيا تكلفة الالتفاف - سواء التكلفة الاقتصادية أو التكلفة بلغة من "النممة"، وهي تزايد تدريجيا، مع التأكيد على كلمة "تدريجيا" هذه. التكلفة "الحدية" لكل ملليمتر من تزايد الطول تكون "طفيفة". عندما بدأ عنق الزرافة يقارب طوله الحالي المثير، سنجد أن التكلفة "الكلية" للالتفاف ربما تكون قد بدأت تقارب جدا نقطة - افتراضية - حيث الفرد الطافر سيبقى موجودا بأفضل لو كانت ألياف العصب الحنجرى الهابطة ستفصل مبتعدة عن حزمة العصب الحائر لتتفرع عبر الثغرة الضئيلة إلى الحنجرة. ولكن الطفر اللازم لإنتاج "قفزة عبور الثغرة" هذه ستكون مما يشكل تغيرا رئيسيا - بل هو حتى جيشان - في تنامي الحنين. من المحتمل جدا أن الطفر اللازم ما كان سينشأ بأي حال. وحتى لو أنه نشأ لربما كان له مضاره - وهي المضار الحتمية في أي جيشان يحدث في سياق عملية حساسة

(*) زيادة التكلفة بسبب إنتاج وحدات زائدة من المخرج. (المترجم)

رهيفة. وحتى لو أن هذه المضار أصبح وزنها في النهاية أقل من ثقل مزايا تجلوز التناف العصب، فإن التكلفة "الحدية"، لكل ملليمتر من "ترايد" مسافة الالتفاف "بالمقارنة بالالتفاف الموجود بالفعل" تكون شيئاً طفيفاً. حتى لو كان الحل "بالعودة إلى لوحة التصميم" هو الفكرة الأفضل، إن كان يمكن إنجازه، فإن البديل المنافس هو مجرد زيادة ضئيلة فوق الالتفاف الموجود بالفعل، والتكلفة "الحدية" لهذه الزيادة الضئيلة ستكون صغيرة. وأقول مخمناً أنها ستكون أصغر من "الجيشان الكبير" اللازم للوصول إلى الحل الأكثر أناقة.



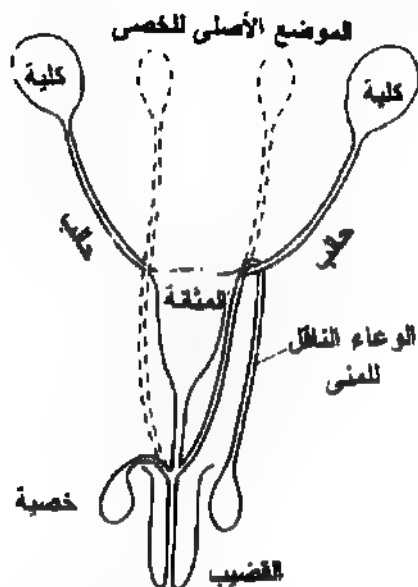
الالتفاف كما يصنعه
العصب الحنجرى في الزرافة

كل هذا بعيد عن النقطة الرئيسية، وهي أن العصب الحنجرى الراجع في أي حيوان تكبي فيه دليل قوى ضد التصميم المسبق. وهو في الزرافة يمتد ليصبح الدليل القوى دليلاً مذهلاً! الرحلة الطويلة الغريبة بالالتفاف لأسفل عنق الزرافة ثم

العودة لأعلى ثانية هي بالضبط نوع الأمور التي نتوقعها من الانتخاب الطبيعي، وهي بالضبط نوع الأمور التي "لا" نتوقعها من أى نوع من التصميم المسبق الذكي.

جورج، س. ويليامز واحد من أكثر المبجلين من علماء البيولوجيا التطورية الأمريكيين (وله ملامح حكيم هادئ في صلابته تذكر بالواحد من أكثر المبجلين من الرؤساء الأمريكيين - يتفق أنه ولد في اليوم نفسه مع تشارلز داروين الذي اشتهر أيضا بحكمته الهادئة). لفت ويليامز الانتباه لرحلة التفاف أخرى، تشبه الرجعة الملتفة للعصب الحنجري الراجع، ولكنها عند الطرف الآخر من الجسم. قناة الأسهر أو قناة السائل المنوي الدفافة هي الأنبوبة التي تحمل للسائل المنوي من الخصى إلى القضيب. أكثر طريق مباشر لها هو الطريق المفترض خياليا الذي يظهر في الجانب الأيسر من الشكل التالي. للطريق الفعلي الذي يتحذه هذا الوعاء بينه الجانب الأيمن من الشكل. وهو يتخذ التفافة راجعة مضحكة حول الحالب، أى حول الأنبوبة التي تحمل البول من الكلية إلى المثانة. لو كان هذا الطريق بتصميم مسبق لما أمكن لأحد أن ينكر جدوا أن التصميم هكذا فيه خطأ سيئ، ولكن كما في حالة العصب الحنجري الراجع، فإن الأمر يصبح كله واضحا إذا نظرنا في التاريخ التطوري. الموضع الأصلي المحتمل للخصى توضحه الخطوط المنقطعة. في تطور الثدييات حدث أن انحدرت الخصى لموضعها الحالي في الصفر (وذلك لأسباب ليست واضحة، وإن كان يعتقد غالبا أنها لها علاقة بدرجة الحرارة)، ولسوء الحظ فإن الوعاء للناقل للسائل المنوي لتعقف وانحنى ملتويا على الحالب بالطريق الخطأ. بدلا من إعادة رسم مسار هذه القناة بطريقة تصميم هندسي معقول، فإن التطور استمر ببساطة في لطالتها - مرة أخرى فإن التكلفة الحدية لكل زيادة هبة في طول خط الالتفاف ستكون تكلفة صغيرة. على أن هذا مرة أخرى فيه مثل رائع لخطأ أصلى يتم تعويضه ببعض طريقة لاحقة لوقوع الخطأ، بدلا من

أن يتم تصحيحه كما ينبغي بالعودة إلى لوحة التصميم. الأمثلة من هذا النوع لا بد وأن تقوض بالتأكيد موقف أولئك المولعين بحجة "التصميم الذكي".



طريق الوعاء الناقل للمني (الأسهر) من الخصى إلى القضيب

يزخر الجسم البشري بما يمكن أن نسميه بمعنى ما بأنه من العيوب، ولكنها بمعنى آخر ينبغي أن ينظر إليها على أنها حلول توفيقية لا مفر منها تنتج عن تاريخنا السلفي الطويل لانحدار سلالتنا من سنوف أخرى من الحيوان. العيوب تكون لا مفر منها عندما لا تكون "العودة إلى لوحة التصميم" هي الخيار - عندما يمكن التوصل إلى تحسينات بمجرد إجراء تعديلات لاحقة لما هو موجود من قبل. دعنا نتخيل مدى اختلاط نظام المحرك النفاث لو أن سير فرنك هويل و د. هانز

فون أو هين، اللذين اخترعاه كل منهما مستقلا عن الآخر، قد أُجبرا على الحصوع للقاعدة القائلة بأنه: "من غير المسموح لك أن تبدأ بصفحة خالية فوق لوحة التصميم. عليك أن تبدأ بمحرك دفع ثم تغير فيه، فتغير فيه قطعة واحدة في كل مرة، وتغير مسمارا لولبيا واحدا بعد الآخر، ومسمارا للبرشام واحدا بعد الآخر، وهكذا تغير المحرك من محرك "سلف" دفع، إلى محرك نفاث هو "السلالة المحدرة". بل الأسوأ من ذلك أن كل التوسيطيات لا بد لها من أن تطير، وكل واحد في سلسلة التوسيطيات يجب أن يكون فيه على الأقل تحسين طفيف عن سابقه. في وسعك أن ترى هكذا أن المحرك النفاث الناتج عن ذلك سيكون مثقلا بعبء كل صوب ما هو تاريخي من الآثار ولوجه الشذوذ والعيوب. وكل واحد من هذه العيوب يعالج أمره بإضافات مرهقة من أعمال تعويضية خرقاء ومريد من التحولات والتجهيزات، كل واحد منها فيه محاولة لأن يفيد بأقصى حد مع وجود هذا الحظر التعس للعودة مباشرة للوحة التصميم.

هكذا تصبح للنقطة المهمة واضحة، إلا أن إلقاء نظرة أدق على الإبداعات النيولوجية ربما يُستمد منها كذلك تمثيلا بالقياس من حالة المحرك بالدفع /المحرك النفاث. سجد أن إيداعا مهما (المحرك النفاث في تمثيلنا بالقياس) هو مما برح تماما ألا يتطور من عضو قديم كان يقوم بالمهمة نفسها (محرك الدفع في هذه الحالة) وإنما يتطور من شيء مختلف تماما، كان يؤدي وظيفة مختلفة بالكامل. أحد الأمثلة الممتازة لذلك هي عندما اتخذت أسلافنا من الأسماك طريقتها للتنفس بالهواء، فهي عندها لم تغير خياشيمها لتصنع رنة (كما تفعل بعض أنواع السمك التي تنفست بالهواء حديثا مثل سمك الفرخ المنسلق أو "الأباباس، anabas"). بدلا من ذلك فإن هذه الأسماك أدخلت تعديلا على جيب من الأمعاء. ثم اتفق أن حدث لاحقا، أن الأسماك العظمية - التي تعنى ما يكاد يكون كل الأسماك التي يرجح أن نلتقى بها فيما عدا أسماك القرش وأمثالها - هذه العظميات قد عدلت من الرنة

(التي تطورت فيما سبق في أسلاف كانوا من أن لآخر يتنفسون الهواء) لتصبح بعدها عصوا حيويا آخر لا علاقة له بالتنفس هو: المثانة الهوائية للسباحة.

لعل مثانة السباحة هي المفتاح الرئيسي لنجاح الأسماك العظمية، وهي تستحق تماما استطرادا يفسر أمرها. إنها مثانة داخلية مليئة بالغاز، يمكن تكيفها بطريقة حساسة للاحتفاظ بالسمة في حالة توازن هيدروستاتيكي عند أى عمق مطلوب. لو أنك كنت تلعب في طفولتك لعبة الغواص الديكارتي لأدركت هذه القاعدة، إلا أن السمكة العظمية تستخدم نوعا مغايرا منها يثير الاهتمام. الغواص الديكارتي دمية صغيرة للجزء العامل فيها هو فئجان بالغ الصغر يتحه طرفه لأعلى، ويجوى فقاعة هواء، تطفو متوازنة في زجاجة ماء. عدد جزيئات الهواء في الفقاعة ثابت، ولكننا نستطيع أن نقلل الحجم (ونزيد الضغط حسب قانون بويل^(١)) بأن نضغط لأسفل سدادة الفلين في الزجاجة. نستطيع أن نزيد حجم الهواء (وأن نقلل الضغط في الفقاعة) بأن نرفع السدادة. يمكن التوصل إلى إنحار أحسن تأثير باستخدام إحدى السدادات اللولبية القوية التي توضع على زجاجات مشروب السيدر الغازي. عندما نخفض أو نرفع من السدادة، يتحرك الغواص لأسفل

(١) يقرر قانون بويل أنه بالنسبة لعدد ثابت من الغاز عند درجة حرارة معينة يتناسب الضغط عكسيا مع الحجم. لم أفس أيدا قانون بويل منذ دراستي في الصف الرابع من مدرستي حيث تلقينا درساً واحداً على يد المدرس الأول للعلم في المدرسة، وكان يدعى بوجي، أتى بونجي بديلاً عن مدرسنا المعتاد للفيزياء، واسمه بوفي، وقد توهمنا خطأ أننا يمكننا تجاهل اتباع النظام وأن نصابق "بونجي" بسبب عمره البالغ الكبير (كما كنا نعتقد) وبسبب قصر نظره قصراً بالغا (وكان هذا واضحاً من تعوده على قراءة الكتب وقد وضعها ملاصقة لأنفه). على أننا كنا محطتين تماماً فيما توهمناه. فقد ألقنا جميعاً بأسرنا محجوزين لحصة إضافية في ذلك الأصل، بدأماً بأن جعلنا نكتب في كراستنا أن "هدف هذه الحصة هو أن يتعلم الفصل الرابع الاحلاق الحسنة وقانون بويل".

أو لأعلى حتى يصل إلى نقطته الجديدة من التوازن الهيدروستاتيكي. تستطيع أن تلعب بالعواص لأعلى وأسفل للزجاجة بإجراء تعديلات حساسة في وضع السدادة، وبالتالي تعدل من الضغط.

السكة غواص ديكارتي مع اختلاف رفيف. مائة السباحة هي "قاعتها" وهي تعمل بالطريقة نفسها، فيما عدا أن عدد جزينات الغاز في المائة لا يكون ثابتا. عندما تريد السكة أن ترتفع إلى مستوى أكثر ارتفاعا في المياه، تطلق جزينات الغاز من دمها إلى المائة، وبالتالي تزيد من حجمها. وعندما تريد السكة أن تنوص لأعمق، فإنها تمتص جزينات الغاز من المائة إلى الدم، وبالتالي تنقص من حجم المائة. مائة السباحة معناها أن السكة لا يلزم عليها أن تقوم بجهد عضلي كالذي تقوم به سكة القرش، حتى تبقى عند العمق المطلوب. الأمر ليس إلا توازن هيدروستاتيكي عند أي عمق تختاره. هكذا تؤدي مائة السباحة هذه المهمة، وبالتالي فإنها تحرر العضلات لتؤدي عملية الدفع بنشاط. أسماك القرش على عكس ذلك، عليها أن تواصل السباحة طول الوقت، وإلا فإنها ستغوص للقاع، وإن كان مما لا ينكر أن هذا يحدث ببطء لأنها لديها في أنسجتها مواد خاصة بكثافة منخفضة تجعل الأسماك قادرة على الطفو بدرجة معتدلة. مائة السباحة إنش هي رنة معدلة، والأخيرة هي نفسها جيب أمعاء معدل (وليس كما ربما نتوقع حجيرة حيشوم معدلة). ثم تجد في بعض الأسماك أن مائة السباحة نفسها ينالها المزيد من التعديل لتغزو عضوا للسمع، نوع من طيلة للأذن. التاريخ مسجل على الجسم كله، ليس لمرة واحدة، وإنما لمرات متكررة، على لوح كتابة غزيرة.

استمر وجودنا كحيوانات أرضية لما يقرب من ٤٠٠ مليون سنة، ومشينا فوق سيقاننا الخلفية لما يقرب فقط من آخر ١ في المائة من هذا الوقت. بقينا طيلة ٩٩ في المائة من زمننا فوق الأرض، ونحن لدينا عمود فقري أفقي تقريبا ومشى

على أربع. لا يُعرف على وجه التأكيد ما تكونه المميزات الانتخابية التي تضايقت في الأفراد الذين انتصبوا واقفين لأول مرة ومشوا على سيقانهم الخلفية، وسوف أترك هذا الأمر جانباً. ألف جوناثان كنجون كتاباً كاملاً في هذه المسألة ("الأصول المتواضعة") وقد أبديت رأياً فيه بشيء من التفصيل في كتابي "حكاية السلف". ربما لم يبد ذلك كتغير رئيسي عندما حدث؛ لأن للرئيسيات الأخرى مثل الشمبانزى، وبعض القروذ، والليمور الفائق المسمى سيفاكافيروكس، كلها كانت تفعل ذلك من آن لآخر. على أن تعود السير على ساقين فقط كما نفعل، له نتائج متشعبة تؤثر في الجسد كله إلى مدى بعيد، يترتب عليها الكثير من التكيفات النوعية. يمكن فيما يناقش القول بأنه لم يحدث أن عظمة واحدة أو عضلة واحدة في أى مكان من الجسم قد تم استئناؤها من ضرورة تغييرها، حتى تتوافق مع بعض تفصيل. مهما كان ذلك غامضاً، ومهما كان بعيداً عن المعتاد، ومهما كان متصلاً بطريقة غير مباشرة أو غير واضحة بالتغير الرئيسى في طريقة المشى. لا بد وأن تكون هناك إعادة هززة تماثل التغير وتشمل كل الأعضاء، وذلك فيما يتعلق بكل وأى تغير رئيسى في طريقة الحياة، كالانتقال من الماء للأرض، ومن الأرض للماء، وإلى الهواء أو تحت الأرض. لا يمكننا أن نفصل التغيرات الواضحة في الجسم ونعالج أمرها وهي منعزلة. عندما نقول أن هناك نتائج متشعبة لكل تغيير فإن هذا القول مما تقتضيه الحقيقة. هناك مئات وآلاف من النتائج المتشعبة، ثم تشعبات للتشعبات. الانتخاب الطبيعى يكون دائماً أبداً في جيشان، فيقوم بتعديل المطهر، أو يقوم "بالسمكرة" كما يذكر ذلك فرنسوا جاكوب العالم الفرنسى في البيولوجيا الجزيئية^(٢).

(٢) في كتاب "عن الذباب والفران والبشر"، ترجم للعربية سنة ٢٠٠٠ في المشروع القومى للترجمة، ترجمة مصطفى إبراهيم فيمى. (المترجم)

هاكم طريقة جيدة أخرى للنظر إلى الأمر. عندما يحدث تغير رئيسي في المناخ، كأن يحدث مثلا عصر جليدي، يكون من الطبيعي أن نتوقع أن يؤدي الانتخاب الطبيعي إلى تكيف الحيوانات لذلك - فتنمى مثلا غطاء شعر أكثر كثافة. على أن المناخ "الخارجي" ليس بالانواع الوحيد من "المناخ" الذي يجب علينا أن نضعه موضع الاعتبار. لو نشأت طفرة رئيسية جديدة بدون أي تغير خارجي مطلقا، وحدها الانتخاب الطبيعي، فإن كل الجينات الأخرى في الجينوم سوف تخبر ذلك كتغير في "المناخ الجيني" الداخلي. وهذا تغير يكون على الجينات أن تتكيف معه على نحو لا يقل عن تكيفها مع تغير الجو. هكذا سيكون على الانتخاب الطبيعي أن يأتي بعد ذلك، ليجري تكيفا يعوض عن التغير الرئيسي في "المناخ" الجيني تماما مثل ما يحدث إذا كان هناك تغير قد حدث في المناخ الخارجي. التحول الأصلي من المشي فوق أربع إلى المشي فوق ساقين يمكن حتى أن يكون تولده قد تم "داخليا" بدلا من أن يتولد عن تحول في البيئة الخارجية. في أي من الحالين سيؤدي التحول إلى بدء سلسلة معقدة من نتائج تترتب عليه، وكل واحدة منها تستلزم تعديلات تعويضية من "تشنيب" وحسن ترتيب.

لعله كان من الأفضل أن يعنون هذا الفصل "التصميم غير الذكي". ولعل من الممكن حقا أن يكن هذا عنوانا جديرا بكتاب كامل عما يوجد من عيوب في الحياة باعتبار أن هذه العيوب دليل مفحم على غياب التصميم المتعمد، وهناك أكثر من مؤلف قد أدركوا ذلك وكل منهم مستقل عن الآخر. لي غرام باللغة الإنجليزية الأسترالية لما فيها من توقع ساخر عنيف، ولذلك فقد اخترت من هؤلاء المؤلفين مؤلفا يقول، "وإذن، من أين انبثق هذا التصميم المسبق الذكي، مثل ما ينبثق الدمع فوق العجيزة؟". وقعت على كتاب يثير الابتهاج ألفه روبن ويليامز عميد المذيعين العلميين في سيدني. بعد أن يشكى ويليامز مما يعانيه من ألم في طهره في كل صباح بلغة لا تثير امتعاضا عندما تأتي في شكوى متضمنة من أحد مهاجري

إنجلترا (أرجو ألا يساء فهمي، فأنا أتعاطف معه عميقاً)، يواصل بعدها ويليامز القول، "يمكن لكل ظهر تقريباً أن يقيم دعوى مباشرة على من يعتقدون بوجود تصميم مسبق للظهر، وسيكون عليهم أن يسلّموا بأن هذا التصميم، إن كان له وجود، ليس بالأمثل وكأنه ولا بد قد تم في عجلة وانتدفاع تحت التهديد بانتهاء المهلة المحددة لانتهاء منه". المشكلة بالطبع هي أن أسلافنا ظلوا يسيرون لمئات الملايين من السنين وقد أبقوا العمود الفقري في وضع أفقى تقريباً، ولم يتكيف العمود جيداً مع التعديل المفاجئ لوضعه تعديلًا فرض في المليون سنة الأخيرة. مرة أخرى، فإن النقطة المهمة هي أن التصميم المسبق الأمثل لحيوان رئيسي يسير منتصباً لهو تصميم كان ينبغي له العودة منذ البداية إلى لوحة الرسم لإنحاره على الوجه الصحيح من أول الأمر، بدلاً من البدء بمن يسير على أربع ثم السمكرة اللاحقة لهذا الوضع.

ينتطرق ويليامز بعدها إلى ذكر كيس الحيوان الأيقوني الأسترالي المسمى بالكوال (koala)، وكيس أو جراب هذا الحيوان يفتح لأسفل وليس لأعلى مثل كيس الكنغر، وهذه ليست بالفكر الممتازة بالنسبة لحيوان يقضى وقته وهو يتشبث بجذوع الأشجار. مرة أخرى فإن سبب ذلك هو تراث تاريخي. حيوان الكوال سلالة تنحدر من سلف يشبه wombat (Wombat). حيوانات wombat أنطال لا تبارى في عمل الحفر،

"أنه يدفع وراء بقوة براثن كفه الضخمة وقد امتلأت
بالتربة وكأنه حفارة ميكانيكية تحفر نفقا. لو كان كيس
أسلافه يتجه أماماً لأدى ذلك إلى أن تمتلئ عيني وأسنان
أطفاله دافعا بحبيبات التربة الخشنة. وهكذا يتجه الكيس
وراء، وعندما يتسلق هذا الكائن إحدى الأشجار، ربما

ليستفيد من مصدر طعام طازج، فإن "التصميم" الذى أتى معه، يكون أكثر تعقيدا من أن يتغير".

وكما في حالة للعصب الحنجري الراجع، فقد يكون من الممكن تغيير إمبريولوجية الكوال لقلب كيسه في الاتجاه الآخر، ولكنى - فيما أخمن - أعتقد أن الجيئان الإمبريولوجي اللازم لمصاحبة تغيير رئيسى كهذا سيجعل حال التوسيطات أسوأ حتى من حال الكوال الذى تغلب على مشاكل أوضاعه الحالية.

إحدى النتائج الأخرى التى تربت على تحولنا من المشى على أربع إلى المشى على ساقين تختص بالجيوب، التى تسبب معاناة بالغة للكثيرين منا (بما في ذلك إباى لحظة كتابتى لهذا) لأن ثقب تصريف سائل هذه الجيوب موجود في آخر مكان معقول لأى تصميم مسبق جيد. يستشهد ويليامز بالأستاذ ديريك دينتون^(١) أحد الرملاء الأستراليين وذلك بقوله: "الجيوب أو التجاويف الفقمية الكبيرة للفك العلوى موجودة وراء الوجنتين على جانبي الوجه. ثقب تصريف الجيوب يوجد بأعلاها، وليس هذه بالفكرة الجيدة جدا من حيث استخدام الجاذبية للمساعدة في تصريف سوائل الجيوب". في الحيوانات التى تمشى على أربع لا تكون هذه "القمة" مطلقا وإنما هي في الأمام، وموضع ثقب التصريف هكذا يكون معقولا بدرجة أكبر كثيرا: إلا أننا مرة أخرى نجد أن تراث التاريخ مسجل علينا كلنا.

يواصل ويليامز الاستشهاد بزميل أسترالى آخر، يساهم في الموهبة الأسترالية الفومية في إلقاء عبارات ثم سكّت جيدا، وهو يتحدث عن الدور

(١) يسعى ألا تخط بينه وبين أسترالى آخر يدعى مايكل دينتون محبوب لأتباع المذهب التكويني. وهو في كتابه الثانى المعلنون "قنر الطبيعة"، يقول تماما حقيقة أنه في كتابه هذا قد ارند عن موقعه السابق، ضد التطور، بينما ظل مبيها على الايمان بالتكوينية.

النمس^(*) قائلا "لا بد وأنه قد صمم، إن كان قد صمم مسبقا، بطريقة سادية ثلاثية تصميميا نعلًا". زار داروين أستراليا وهو شاب صغير، إلا أنه عبر عن الشعور نفسه وإن كان ذلك بلغة أكثر رصانة وأقل اقتحامًا، فيقول، "لا أستطيع أن أقنع نفسي بوجود تصميم مسبق رحيم يؤدي إلى تكوين دبابير النمس بما تعبر عنه من تعمدًا لأن تتعدى من داخل الأجساد الحية لليسروع". هذه الوحشية الأسطورية للدبابير النمس (وأيضا وحشية أقاربها من الدبابير الحفارة والدبابير العنكبوتية) هي كاللزمة المتكررة التي ستعاود الظهور في الفصلين الأخيرين من هذا الكتاب.

أجد من الصعب على أن أوضح ما أوشك أن أقوله، ولكنه أمر واصلت التفكير فيه لفترة، ووصل إلى ذروته في ذلك اليوم الذي لا يُنسى عند تشريح الررافة. عندما ننظر للحيوانات من الخارج يغمرنا الإعجاب بما نتوهمه من تصميم رائع. الزرافة العاشبة، للقطرس المحلق (albatros)، طير السمامة العواصة، الناز للمنقض، سمكة تتين البحر المورقة وهي غير مرئية بين أعشاب البحر، فهد الشيتا وهو يقفز باسطا جسمه لأقصى حد وراء غزال بحرف واثنا في الهواء - يؤدي توهم التصميم بنا إلى تزايد الحس الحنسي به حتى إن الأمر يتطلب جهدا كبيرا لاستثارة وتحريك التفكير النقدي من أجل التغلب على إغواء الحس الساذج. هذا ما يحدث عندما ننظر للحيوانات من الخارج. أما عندما ننظر إليها من الداخل، فإن الانطباع يكون بعكس ذلك. لا حاجة لإنكار أن "انطباع" التصميم الرائع تنقله إلينا الرسوم التوضيحية المبسطة في الكتب الدراسية، وقد رُسمت ببراعة وشغرت أجزأؤها بالألوان بمثل ما نراه في طبعة التصميم الزرقاء لأحد المهندسين. إلا أن الواقع الذي يصدمنا عندما نرى الحيوان وقد شُق مفتوحا فوق

(*) دبور النمس حشرة تقصر يرقاتها من داخل أجسام الحشرات الأخرى أو يرقاتها وتتعدى عليها. (المنزجم)

مائدة التشريح لهو واقع مختلف جدا. أعتقد أننا لو طلبنا من أحد المهندسين أن يرسم مثلا سحاة محسنة من الشرايين وهي تغادر القلب، سيكون في هذا تدريبا تعليميا منورا. أتصور أن النتيجة ستكون شيئا مشابها لتشعب ماسورة العادم في إحدى السيارات، مع وجود صف منتظم من الأنابيب تخرج متفرعة في مصفوفة مرتبة، بدلا مما نراه بالفعل من التشوش كيفما اتفق عندما نشق صدرا حقيقيا.

كان هدفي من قضاء يوم مع علماء التشريح وهم بشرحون الررافة هو أن أدرس العصب الحنجري الراجع كمثل لعدم الكمال في التطور. ولكي سرعان ما تبين أنه من حيث ما يهم من عدم الكمال، فإن العصب الحنجري الراجع ليس إلا قمة جبل الجليد العام. حقيقة أن هذا العصب يتخذ هذا المسار الانكفاقي الطويل تثبت هذه النقطة المهمة على نحو قوى خاص. هذا هو الجانب الذي يستثير هيلمهولتر في النهاية ليعيد الجهاز للنظاراتي. على أن الانطباع الطاعى الذي ساله عند إجراء بحث مسح لأي جزء من الأجزاء الداخلية لحيوان كبير هو أنه مشوش! لو وجد تصميم مسبق لما أدى أبدا إلى أخطاء يمثل هذا المسار الملف للعصب، وليس هذا فحسب وإنما لن يحدث أبدا في تصميم بارع أن يصمم "أى شيء" من تلك الأحوال العوضوية في متاهة تقاطع الشرايين والأوردة، والأعصاب، والأمعاء، وحشوات الدهن، والعضلات، والمسايقا(*) (mesentery)، وما هو أكثر. أستشهد هنا بالبيولوجى الأمريكى كولن بيتندراى إذ يقول أن الأمر كله ليس إلا "مرفعة من بدائل مؤقتة خُمعت أجزاءها معا، وكأنها وُلدت مما كان متاحا عندما حانت الفرصة، وتم موافقة الانتخاب الطبيعي عليها بإدراك لما بعد وقوع الحدث وليس بتبصر لما قبل وقوعه".

(*) المساريقا أعشية تغلف الأمعاء وتربطها بجدار البطن وتسمى عاميا بالمسدل. (المترجم)

الفصل الثانى عشر

سباقات التسليح

و

"عدالة التطور"

من وجهة نظر رفاه الفرد، تُعد العيون والأعصاب، وقنوات نقل المني، والجيوب والظهر، كلها سببة التصميم، إلا أن أوجه نقص الكمال هذه تُعد معقولة على نحو كامل عند النظر إليها في ضوء التطور. ينطبق الشيء نفسه على الاقتصاديات الكبيرة للطبيعة. لعل من المتوقع إن وُجد تصميم مسبق ذكي، أنه لن يقتصر على تصميم أحسام أفراد الحيوانات والنباتات، وإنما سيتناول أيضا الأنواع بأكملها، والنظم الإيكولوجية بأسرها. ربما سيكون من المتوقع للطبيعة عندها أن يكون لها كيان من اقتصاديات مخططة. صممت بعناية للتخلص من الإسراف والتبذير. إلا أن الأمر ليس هكذا، وسيُضح ذلك من هذا الفصل.

الاقتصاد الشمسي

الاقتصاد في الطبيعة يستمد طاقته من الشمس. تهطل أمطار الفوتونات من الشمس على كل السطح النهاري لكوكبنا. الكثير من هذه الفوتونات لا تفيد بشيء أكثر من أن تسخن صخرة أو شاطئا رمليا. القليل منها يجد طريقة إلى إحدى العيون - عينك، أو عيني، أو العين المركبة للجمبري أو عين الإسقلوب^(*) العاكسة ذات القطع المكافئ. قد يتفق أن تسقط بعض الفوتونات فوق لوح شمسي - إما أنه لوح من صلب الإنسان، مثل تلك الألواح التي ركبها تـوا فوق سطح بيتي لتسخن مياه الحمام، وذلك أثناء نوبة من تحمسي لمبادئ الخضر، أو يكون اللوح ورقة نبات حصراء، تقوم بدور اللوح الشمسي للطبيعة. تستخدم النباتات الطاقة الشمسية

(*) الإسقلوب رخويات بحرية بصدفة مروحية. (المترجم)

لتدفع بعمليات التركيب الكيميائي "عاليا"، فيتم إنتاج أنواع وفود عضوية هي أساسا مواد سكرية. "تدفع عاليا" تعنى أن عملية تركيب السكر تحتاج لطاقة تدفعها، وبطريقة مماثلة يكون من الممكن لاحقا أن "يُحرق" السكر بتفاعل "لأسفل" يطلق (جزءا من) الطاقة لتستخدم مرة أخرى في عمل مفيد، كأن يكون مثلا لتشغيل العصابات، أو لتشغل للآزم لبناء جذع شجرة ضخمة. التشبيه بالاتجاه "لأعلى" و"لأسفل" هو تشبيه بتدفق الماء لأسفل من خزان مرتفع ودفع ساقية المياه (الناعورة) لأداء عمل مفيد؛ أو أن الماء يُضخ بطاقة فعالة لأعلى إلى الخزان المرتفع، بحيث يمكن استخدامه لاحقا لدفع ساقية المياه عندما يتدفق الماء ثانية لأسفل. تُفقد بعض الطاقة عند كل مرحلة من اقتصاديات الطاقة سواء دفعت لأعلى أو لأسفل - لا توجد قط أى عملية لتنفيذ إجراء بالطاقة تكون ذات كفاءة مكتملة. هذا هو السبب في أن موطعي مكاتب تسجيل براءات الاختراع لا يحتاجون حتى إلى مجرد النظر إلى تصميمات ماكينات الحركة الدائمة^(*): هذه ماكينات مستحيلة دائما أبدا. لا يمكن لنا أن نستخدم الطاقة المتجهة لأسفل من ساقية مياه لتضخ ثانية لأعلى المقدار نفسه من المياه بحيث يمكن له أن يدفع الساقية للعمل ثانية. لا بد من أن تكون هناك دائما بعض طاقة يغذى بها من الخارج لتعويض عن الفاقد - وها هنا تدخل الشمس. سوف أعود إلى هذا الموضوع المهم في الفصل الثالث عشر.

تلك الأوراق الخضراء جزءا كبيرا من السطح البرى لكوكب الأرض، وتشكل هذه الأوراق مجتمعا متعدد الطبقات. عندما لا يتم إمساك أحد الفوتونات بإحدى الأوراق، ستكون هناك فرصة جيدة لأن يتم الإمساك به بورقة أخرى بأسفل. عندما تكون هناك غابة كثيفة، لن تصل إلى الأرض فوتونات كثيرة لم يتم

(*) أحد الأحلام العلمية هي التوصل لآلة بمجرد أن نبدأ الحركة تواصل العمل إلى ما لا نهاية بدون مصدر خارجي للطاقة. (المترجم)

الإمساك بها. وهذا هو بالضبط السبب في أن للغابات الناضجة تكون عند المشى فيها أماكن بالغة الظلام. معظم الفوتونات التي تشكل النصيب للضئيل لكوكبنا من أشعة الشمس تصطدم بالمياه، وتزخر الطبقات السطحية من البحر بنباتات حصراء وحيدة الخلية تمسك بهذه الفوتونات. سواء في البحر أو في البر، هناك عملية كيميائية تحتس للفوتونات وتستخدمها لتدفع "لأعلى" العمليات الكيميائية التي تستهلك الطاقة، حتى تنتج الجزيئات اللانمة لاختزان للطاقة مثل مواد السكر والنشا، هذه العملية كلها تسمى التمثيل الضوئي. هذه عملية تم اختراعها منذ أكثر من بليون سنة، بواسطة البكتريا، ولا تزال البكتريا الخضراء في الأساس من معظم عمليات التمثيل الضوئي. أستطيع أن أقول ذلك لأن الكلوروبلاستات - محركات التمثيل الضوئي للضئيلة الخضراء التي تؤدي بالفعل مهمة التمثيل الضوئي في كل الأوراق - هذه الكلوروبلاستات هي نفسها السلالة المنحدرة مباشرة من البكتريا الخضراء. بل هي حقا لا تزال تكاثر من نفسها ذاتيا داخل خلايا النبات بأسلوب البكتريا، ولهذا السبب يمكننا أن نقول منصفين أنها لا تزال تعد بكتريا، وإن كانت تعتمد بشدة على الأوراق التي تؤويها والتي تعطيها الكلوروبلاستات لونها. يبدو أن البكتريا الخضراء التي كانت أصلا تعيش حرة، قد تم اختطافها داخل خلايا النبات، حيث تطورت في النهاية إلى ما نسميه الآن بالكلوروبلاستات.

هناك أيضا حقيقة مرتبة أحسن الترتيب سميريا، فكما أن كيمياء الحياة المتجهة "لأعلى" تعنى بها البكتريا الخضراء المزدهرة داخل خلايا النبات، فهناك أيضا كيمياء الأيض المتجهة "لأسفل" - الاحتراق البطيء للمواد السكرية وغيرها من مواد الوقود لتطلق طاقة في خلايا كل من الحيوانات والنباتات - وهذه الكيمياء بدورها تشكل خبرة خاصة لفئة أخرى من البكتريا، كانت ذات مرة تعيش حرة ولكنها الآن تكاثر من نفسها داخل خلايا أكبر حيث أصبحت تُعرف باسم

الميتوكوندريا. الميتوكوندريا والكوروبلاستات تتحدر كسلاية من صفوف مختلفة من البكتيريا، وقد بنى كل منهما القوى السحرية الكيميائية للمكاملة لهما منذ بلايين السنين السابقة لظهور أى كائن حتى يمكن رؤيته بالعين المجردة. وحدث في وقت لاحق أنهما كليهما قد تم اختطافهما بالتحايل من أجل ما لهما من المهارات الكيميائية، فهما الآن يتكاثران في السوائل الداخلية لخلايا أكبر كثيرا وأشد تعقيدا داخل كائنات حجمها كبير بدرجة تكفى لأن نراها ونلمسها - في خلايا النبات في حالة الكلوروبلاستات، وخلايا النبات والحيوان في حالة الميتوكوندريا.

الطاقة الشمسية التى تأسرها الكلوروبلاستات في النباتات تكس في الأساس من سلاسل الطعام المعقدة، التى تمر فيها الطاقة من النباتات إلى العاشبات، التى قد تكون من الحشرات، ثم إلى اللاحمات التى قد تكون من الحشرات أو الحشرات اللاحمة، وكذلك أيضا من الذناب والنمور، ثم إلى القمامات (*) مثل النسور وخنافس الروث، وأحييرا العوامل الفعالة للتحلل مثل الفطريات والبكتريا. في كل مرحلة من مراحل هذه السلاسل للطعام، تتبدد بعض الطاقة كحرارة أثناء مرورها في السلسلة. بينما يُستخدم البعض منها لدفع العمليات البيولوجية مثل انقباض العضلات. لا تُضاف أى طاقة جديدة بعد المدخل الأسمى من طاقة الشمس. كل الطاقة التى تدفع بالحياة تأتى بأسرها من ضوء الشمس الذى تحتبسه النباتات؛ وذلك فيما عدا استثناءات معدودة وإن كانت مثيرة للاهتمام مثل الكائنات "الدخانية" التى تقطن في أعماق المحيط وتأتى طاقتها من مصادر بركانية.

هيا ننظر إلى شجرة طويلة وحيدة تنصب في كبرياء وسط منطقة مفتوحة. لماذا هي طويلة. ليس سبب ذلك أن تكون للشجرة أقرب للشمس! من الممكن تقصير طول الجذع الطويل حتى ينبسط إكليل الشجرة فوق الأرض، دور أى

(*) القمامات: الحيوانات التى تقف بالجيرف والفضلات. (المترجم)

خسارة من الفوتونات وبتوفير هائل في التكلفة. لماذا إذن تذهب الشجرة إلى بذل كل هذا الجهد لدفع إكليلها لأعلى تجاه السماء ؟ ستظل الإجابة تروغ منا حتى ندرك أن المثوى البيئي الطبيعي لهذه الشجرة هو الغابة. الأشجار يطلع من طولها أن تحاول أن تعلو على قمة الأشجار المنافسة - سواء من النوع نفسه أو من الأنواع الأخرى. علينا ألا يضللنا مرأى إحدى الأشجار وهي في حقل أو حديقة مفتوحين، ولها فروع مورقة بطول الطريق إلى الأرض. سيكون لها ذلك الشكل المدور المحبب كثيرا لدى صف الضباط المعلمين وذلك لأنها تكون في حقل أو حديقة مفتوحين^(١). إننا نراها هكذا وهي خارج موطنها البيئي، وهو الغابة الكثيفة. الشكل الطبيعي لشجرة الغابة هو أن تكون طويلة وعارية للجذع، ومعظم الفروع والأوراق قريبة من القمة - في الظلة التي تحمل عبء وابل للفوتون. والآن هاكم فكرة غريبة. لو أن كل الأشجار في الغابة استطاعت أن تصل إلى نوع من الاتفاق - مثلما يحدث في إحدى نقابات العمال من ممارسات مقيدة - فلا تنمو أي شجرة لما يعلو مثلا عن عشرة أقدام، سوف تستفيد عندها كل شجرة. سوف يتمكن المجتمع كله - كل المنظومة الإيكولوجية - من أن تجني المكاسب بتوفير الخشب والطاقة، التي تستهلك في بناء هذه الجذوع الشاهقة المكلفة.

من المعروف جيدا أن ثمة صعوبة في التوصل إلى اتفاقات من هذا النوع من الكج المتبادل، حتى في المشاكل البشرية عندما يكون من المحتمل إننا قد نستخدم موهبة التبصر في العواقب. أحد الأمثلة المألوفة، هي أن يُطرح الاتفاق على أن نحس بدلا من أن نقف أثناء مراقبة أحد المشاهد مثل سباق الحيل. لو جلس كل فرد، سيظل الأفراد الأطول يحظون برؤية أفضل مما يباله القصيرون.

(١) يوجد في الجيش ثلاثة صنوف من قمم الأشجار: القلوب الإبري، والخور الحشي والصفصاف الكثيف الأشعث.

تماما مثل ما سيحظون به عندما يقف الجميع، إلا أن الجلوس له ميزة أنه أكثر راحة لكل فرد. تبدأ المشكلة عندما يقف شخص قصير كان يجلس وراء آخر طويل، لينال رؤية أفضل. سيحدث في التلو أن يقف الشخص الجالس وراءه، حتى يستطيع بأى حال أن يرى أى شىء. لا تلبث موجة الوقوف أن تكتسح كل المكان، حتى نجد أن الجميع يقفون. في النهاية يكون حال للجميع أسوأ مما لو كانوا قد بقوا جميعا جالسين.

في الغابة النمطية الناضجة، يمكننا أن نعتبر الظلة وكأنها مرج جوى، وكأنها تشبه تماما برارى عشبية متموجة، ولكنها قد رفعت فوق ركائز عالية. ظلة الغابة تجمع الطاقة الشمسية بمعدل السرعة نفسها مثل عشب البرارى. إلا أن نسبة لها قدرها من الطاقة "تتبدد" في التغذية المباشرة للركائز المرتفعة التى لا تؤدى أى شىء مفيد أكثر من أنها ترفع "المرج" عاليا في الهواء، حيث يتم جمع محصول الفوتونات بالمقدار نفسه بالضبط الذى كان سيتم جمعه به - بتكلفة أقل كثيرا - لو كانت الظلة ترقد مسطحة فوق الأرض.

يصل بنا هذا إلى أن نلتقى وجها بوجه مع الفارق بين اقتصاد يصمم مسبقا وبين اقتصاد التطور. في الاقتصاد المصمم مسبقا لن تكون هناك أشجار، أو من المؤكد أنه لن تكون هناك أشجار طويلة جدا: لا غابات ولا ظلة. الأشجار فيها تبديد. الأشجار فيها إسراف. جذوع الأشجار نصب تذكارية للتنافس بلا فائدة - بلا فائدة عندما نفكر بلغة من الاقتصاد المخطط. ولكن اقتصاد الطبيعة ليس مخططا. النباتات الفردية تتنافس مع النباتات الأخرى، من النوع نفسه ومن الأنواع الأخرى، والنتيجة هي أن الأشجار تنمو لأطول وأطول، أطول كثيرا مما قد يوصى به أى مخطط. على أن الأشجار لا تظل تطول إلى ما لا نهاية. عند حد معين سجد أنه عندما تطول الشجرة لقدم آخر أطول، فإنه على الرغم مما يكسبها هذا من ميزة

تنافسية، إلا أن فيه تكلفة باهظة تؤدي بالشجرة المفردة التي تفعل ذلك إلى أن ينتهي أمرها إلى حال أسوأ من منافسيها الذين يتمتعون عن النمو بهذا القدم الإضافي. ما يحدد في النهاية الارتفاع الذي تُضغَط الأشجار للنمو إليه هو التوازن بين التكاليف والفوائد التي تعود على الشجرة المفردة، وليس الفوائد التي يمكن أن يحسبها مخطط عقلاني للشجر كمجموعة. ومن الطبيعي أن التوازن ينتهي عند حدود قصوى مختلفة في الغابات المختلفة. ربما لم يحدث مطلقاً أن وجدت غابات تتفوق في ذلك على غابات الشجرة الجبارة^(*) بساحل المحيط الهادئ (وعلى القارئ أن يسعى لرؤيتها قبل حلول الأجل).

دعنا نخيل مصير غابة افتراضية - ونسميها "غابة الصداقة" - يحدث فيها عن طريق بعض انسجام غامض، أن تمكنت الأشجار بطريقة ما من أن تتوصل إلى الهدف المطلوب بتخفيض ارتفاع الظلة كلها إلى عشرة أقدام. ستبدو الظلة مماثلة تماماً لأي ظلة غابة أخرى فيما عدا أن ارتفاعها هو ١٠ أقدام بدلاً من مائة قدم. من وجهة نظر الاقتصاد المخطط، ستكون "غابة الصداقة" بصفاتها "كعابة" أكثر كفاءة من الغابات الطويلة الأشجار المألوفة لنا لأن الموارد هنا لا تُنفق في إنتاج جدوع ضخمة ليس لها من هدف سوى التنافس مع الأشجار الأخرى.

ولكن دعنا نفترض الآن أن شجرة طافرة واحدة قد انبثقت عالياً وسط "غابة الصداقة". هذه الشجرة المارقة ستتمو لما هو أطول حديثاً من معيار الأقدام العشرة المنقو عليه. هذه الشجرة الطافرة ستكتسب في التو ميزة تنافسية. مما لا يكر، أن عليها أن تدفع تكلفة هذا الطول الإضافي لجذعها. ولكنها تقال تعويضاً يفوق هذه التكلفة، طالما أن سائر الأشجار الأخرى ستظل مذعنة للائحة إنكار الذات، ذلك

(*) شجر الجبارة شجر صنوبري يكثر في كاليفورنيا ولون خشبه أحمر وحجمه صحم للعناية وقد يصل طوله إلى ١٠٠ متر. (المترجم)

أن الفوتونات الإضافية التي يتم حصدها ستؤدي تعويضا يفوق التكلفة الإضافية لزيادة طول الجذع. وبالتالي، فإن الانتخاب الطبيعي يحفز النزعة الوراثية للتمرد على لائحة إنكار الذات، وأن تنمو الشجرة لارتفاع أعلى هونا، كأن يكون مثلا لأحد عشر قدما. مع مرور الأجيال، سنجد أن المزيد والمزيد من الأشجار تتمرد على الحظر المفروض على الارتفاع. في النهاية، عندما يصبح طول كل الأشجار في الغابة أحد عشر قدما، سيكون حالها أسوأ عن ذي قبل: فكلها تدفع تكلفة النمو بقدّم إضافي. ولكنها لا تنال أى فوتونات إضافية مقابل جهدها. والآن فإن الانتخاب الطبيعي سيحدد أى نزعة طفوية للنمو مثلا إلى اثني عشر قدما. وهكذا فإن الأشجار تواصل أن تزداد وتزداد طولا. هل سيحدث بأى حال أن يصل هذا التسلق غير المجدى نحاه الشمس إلى نهايته؟ لماذا لا يصل ارتفاع الأشجار إلى مسافة الميل، لماذا لا يكون مثل طول شجرة الفول في حكاية جاك الأسطورية ؟ يتقرر حد النمو عند الارتفاع الذي تكون فيه التكلفة الحدية للنمو لقدم أعلى تكلفة تفوق مكسب الفوتونات الناتج عن النمو بهذا القدم الإضافي.

يدور حديثنا في هذا النقاش كله حول التكاليف والفوائد الفردية. سنبدو العابة مختلفة تماما لو كان اقتصادها قد تم تصميمه لفائدة الغابة "ككل". في الحقيقة، فإن ما نراه فعلا هو غابة يتطور فيها كل نوع من الشجر عن طريق الانتخاب الطبيعي الذي يحاكي الأشجار "الفردية" التي تفوقت في التنافس مع أشجار منافسة فردية، سواء من نفس نوعها أو من أنواع أخرى. يتفق كل ما يتعلق بالأشجار مع الرأى بأنها لم تصمم مسبقا - إلا بالطبع إذا كانت قد صممت لتمتدنا بالخشب، أو لتبهج أعيننا، وترصى غرور كاميرائنا في "خريف ولايات نيو إنجلند". والتاريخ لا يحلو من ذكر من يؤمنون بذلك بالضبط، وبالتالي، هيا نتحول إلى قضية مماثلة حيث من الأصعب أن يُزعم أن فيها أى ميزة للبشر. قضية سباق التسلح بين الصاندين وطرائد الصيد.

أسرع خمسة عدائين من الأنواع الثديية هم فهد الشيتا، والوعل الشائك القرن (pronghorn) (وكثيرا ما يُسمى في أمريكا بالطبي (antelope) وإن لم يكن على صلة قرابة وثيقة بظباء أفريقيا "الحقيقية")، والنو (gnu) أو التيتل الأفريقي، (وهو ظبي حقيقي وإن لم يكن يشبه كثيرا الظباء الأخرى)، والأسد، وقرال تومسون (ظبي حقيقي آخر لا يبدو حقا مشابهًا للظبي المعياري، وهو صغير الحجم). دعنا نلاحظ أن هؤلاء العدائين للقمة هم خليط من الصاندين وطراند الصيد، والنقطة المهمة لدى هنا أن هذا ليس مجرد مصادفة.

يقال عن فهود الشيتا أنها تستطيع أن تزيد سرعتها من الصفر إلى الستين ميلا في الساعة خلال ثلاث ثواني، وهو ما يصل مباشرة إلى أداء سيارة الفيراري أو النورث أو التيسلا. الأسود أيضا لديها قدرة هائلة على زيادة سرعتها، وهي أفضل حتى من الغزلان التي لديها قدرة احتمال وقدرة مراوغة أكبر. القبط (*) عموما بُنيت أجسادها للسباق المفاجئ القصير، والوثب على الفريسة التي تؤخذ على غرة؛ الكلاب مثل كلب كيب للصيد هي أو الذئب قد بُنيت أجسادها للتحمل ولإجهاد فرائسها حتى تدعن. الغزلان والظباء الأخرى عليها أن تتغلب على كلا النوعين من المفترسين، وربما عليها أيضا أن تصل معها إلى حل وسط توفيفي. تسارع الغزلان والظباء ليس تماما بجودة تسارع للقطة الكبيرة، إلا أن لها قدرة أفضل على التحمل. أحيانا يستطيع الغزال بالمراوغة أن يلقى بالشيتا بعيدا عن مساره، وبالتالي يؤجل من الأمور حتى يتجاوز الشيتا مرحلة أقصى تسارع له ليدخل في مرحلة إتهاكه، حيث يكون هناك تأثير فعال لضعف قدرته على الاحتمال. حولات الصيد الناجحة عند الشيتا تنتهي عادة بسرعة بعد بندها، إذ يعتمد الشيتا

(*) المفصو - هنا جنس السبورات عموما، بما فيها الأسد والنمر. (المترجم)

على المفاجأة والقدرة على تزايد السرعة. جولات صيد الشيتا الفاشلة تنتهى أيضا مبكرة، إذ يتوقف فهد الشيتا ليوفر طاقته عندما يفشل سباقه الأصلي المفاجئ. وبكلمات أخرى فإن جولات الصيد عند الشيتا قصيرة الزمن!

دعنا لا نهتم بتفاصيل السرعات القصوى، والقدرة على تزايد السرعة، والقدرة على التحمل والمروعة، والمفاجأة والاستمرار في المطاردة. الحقيقة الملحوظة هي أن قائمة أسرع الحيوانات تشمل معا تلك التي تصيد وتلك التي تُصطاد. الانتخاب الطبيعي يدفع الأنواع المفترسة لأن تصبح دائما أفضل في الإمساك بالفريسة، وهو في الوقت نفسه يدفع أنواع الفرائس لأن تكون دائما أفضل في الهروب من المفترسين. المفترسون والفرائس مشتركون دائما في سياق تسلح تطوري، بجرى في الزمان التطوري. نتيجة ذلك هي تصاعد مطرد في كمية الموارد الاقتصادية التي تنفقها الحيوانات من الجانبين في سباقات التسلح، على حساب الأقسام الأخرى من اقتصاديات جسدها. للصائدون والطرائد معا يصبحون على نحو مطرد مجهزين تجهيزا أفضل ليسبق كل جانب (بالمفاجأة، والحيلة.. إلخ) الحانب الآخر. ولكن تحسين التجهيز للتفوق في السباق لا تتم ترجمته بوضوح إلى تحسن في النجاح في السبق - وذلك لسبب بسيط، وهو أن الجانب الآخر في سباق التسلح يرتقى أيضا بتجهيزاته: هذه هي السمة المميزة لسباق التسلح. يمكننا أن نقول كما قالت الملكة الحمراء لأليس^(*)، بأن عليهما الجرى بأقصى سرعة يمكنهما الجرى بها لمجرد أن تظلا باقيتين في المكان نفسه.

كان داروين متبها تماما لسباقات التسلح للتطورية، وإن كان لم يستعمل العبارة. نشر زميلي جون كريس معي ورقة بحث عن هذا الموضوع في ١٩٧٩،

(*) استشهد الواقعة من رواية "مغامرات أليس في بلد العجائب" وهي رواية إنجليزية حيالية مشهورة للأطفال ألّفها لويس كارول ١٨٦٥. (المترجم)

أرحبها فيها عبارة "سباق التسليح" إلى هيو كوت عالم البيولوجيا البريطاني. ربما يكون كوت قد نشر، بما له مغزاه، كتابه "التلون التكيفي للحيوانات" في ١٩٤٠، في العمق من زمن الحرب العالمية الثانية ويقول فيه:

قبل أن نجزم بأن المظهر المخادع لجراد الجندب أو للفراشة فيه تفاصيل لا ضرورة لها، يجب أولاً أن نتأكد مما تكونه قدرات الإدراك والتمييز عند الأعداء الطبيعيين للحشرة. إن لم نفعل ذلك تكون كمن يجزم بأن تدريع المدمرة أثقل مما يلزم، أو أن مدى مدفعيتها أكبر مما يلزم، بدون أن نبحث طبيعة وفعالية تسليح العدو. في الحقيقة فإننا عندما ننظر إلى الصراع البدائي في الغلبة ثم إلى ما فسي الحروب المتمدينة^(١) من صقل بالتحسينات، فإننا نرى فيهما معا تطور سباق تسليح هائل وهو يزداد تقدماً - وتبدو نتائجه للدفاعية ظاهرة في أدوات مثل السرعة، والانتباه، والدروع، والأشواك الحامية، وعادات حفر الجحور، وعادات الحياة الليلية، والإفرازات السامة، والطعم المثير للغثيان، والتلون في محاكاة للتمويه أو الإنذار؛ كما تبدو نتائجه الهجومية في خواص مضادة لما سبق مثل السرعة، والمباغثة، والكمان، والإغراء، وحدة البصر، والمخالب، والأسنان، واللدغ، والأنياب السامة، والتلون في إغراء أو ضد الخفاء. وكما أن تزايد سرعة الطريدة يتنامى في علاقة مع تزايد سرعة المطارد، أو كما أن درع الاحتماء يتزايد فسي علاقة مع

(١) هذا ترادف يجمع كلمتين متناقضتين، إن كان هناك أصلاً أي ترادف.

الأسلحة العدوانية، فإنه يمثل ذلك تماما تتطور وسائل الكمال في أجهزة التخفي كأستجابة لتزايد القدرة على الإدراك .
دعنا نلاحظ أن سباق التسلح يجرى في سياق زمان تطورى .
ينبغي ألا نخلط بينه وبين السباق الذى يحدث مثلاً بين أحد أفراد فهد الشيتا واحد الغزلان، فهذا سباق يجرى في الزمان الواقعى . السباق في الزمان التطورى سباق يجرى لبناء تجهيزات لسباقات تجرى في الزمان الواقعى . ما يعنيه هذا بالفعل هو أن الجينات تتعزز في المستودعات الجينية للجانبين من أجل صنع أجهزة في أحد الجانبين للتفوق على الجانب الآخر في سعة الحيلة أو في سباق الجرى . ثم ثانياً - وهذه نقطة كان داروين نفسه يدركها جيداً - فإن جهاز العدو السريع يستخدم من أجل سبق "المتنافسين" من النوع نفسه، الذين يفرون من المقترس نفسه . هناك نقطة مشهورة، فيها ما يكاد يذكرنا بحكايات إيسوب^(*)، وتكثّر حول ارتداء أحذية الجرى مع وجود دب يقف إزاء أحد الأفراد.^(١) عندما يطارد فهد الشيتا قطيع غزلان، قد يكون الأمر الأكثر أهمية بالنسبة للغزال الفرد هو أن يسبق أبطأ عضو في القطيع وليس أن يسبق الشيتا .

(*) إيسوب كاتب إغريقى قبل الميلاد ألف حكايات على لسان الحيوان . (المترجم)

(١) هناك مسافران يتبعهما دب، ويجرى أحدهما بعيداً، بينما يظل الآخر متوقفاً ليرتدى حذاءه للجرى . "هل أنت مجنون؟ إن تستطيع أن تسبق الدب حتى لو كنت ترتدى حذاء الحرى". كلا، إن أستطيع ذلك، ولكننى أستطيع أن أسبقك أنت به .

الآن وقد قدمت للقارئ مصطلحات سباق التسلح فإنه يستطيع أن يرى أن الأشجار في إحدى الغابات تتشارك أيضا في أمر واحد. الأشجار الفردية تتسابق تجاه الشمس صد جيرانها المباشرين في الغابة. يغدو هذا السباق قويا بشكل خاص عندما تموت شجرة مسنة وتترك فتحة خاوية في الظلة. صدى ارتطام شجرة عجوز عندما تسقط هو طلقة بداية السباق في الزمان الواقعي، (وإن كان هذا الزمان أبداً من الزمان الواقعي الذي تعودنا عليه نحن الحيوانات)، سباق بين الأشجار الشابة التي كانت تترقب فرصة كهذه. والأرجح أن يكون من يكسب السباق شجرة مجهزة جيداً، بواسطة جينات ازدهرت أثناء سباق تسلح بين الأسلاف في الزمان التطوري، حتى تنمو الشجرة سريعاً وعالياً.

سباق التسلح بين أنواع أشجار الغابة سباق سمترى. يحاول الجانبان إنحاز الشيء نفسه: التوصل إلى مكان في الظلة. أما سباق التسلح بين المفترسين والفريسة فهو لا سمترى: أنه سباق تسلح بين أسلحة هجومية وأسلحة دفاعية. يصدق الشيء نفسه على سباق التسلح بين الطفيليات وعائلتها. بل أن هناك حتى سباق تسلح بين الذكور والإناث داخل أحد الأنواع، وكذلك بين الوالدين وذريتهم، وإن بدا في هذه السباقات ما يثير الدهشة.

هناك أحد الأمور في سباقات التسلح قد يكون فيه ما يزعج المتحمسين للتصميم المسبق للذكى، وهو الجرعة الثقيلة من اللا جدوى التي تنقل هذه السباقات. لو أننا افترضنا وجود تصميم مسبق للشبثا، سيكون من الواضح أن كل درة من هذا التصميم للمحنك إنما تُرتب لتؤدي إلى الكمال الأمثل لأحسن قاتل. القاء نظرة واحدة على هذه الماكينة الفخيمة للجرى لا يخلف لدينا أى شك في ذلك. فهد الشبثا، إذا تحدثنا بأى حال بلغة التصميم، قد تم تصميمه على نحو رائع لقتل الغرلان. إلا أنه بلغة من التصميم المسبق نفسه نجد بما يساوى ذلك وصوحاً أن

هناك جهد كبير لتصميم غزال يجهرّ على نحو رائع للهرب من نفس فهوود الشيتا. بحق السماء، إلى أى جانب ينحاز التصميم المسبق ؟ عندما ننظر إلى عضلات الشيتا المشدودة وعموده الفقرى المرن. لا بد من أن نستنتج أن التصميم المسبق يريد أن يكسب الشيتا السباق. ولكن عندما ننظر أيضا إلى الغزال العداء، وما له من الحيلة والمراوغة، فإننا نصل بالضبط إلى الاستنتاج للمضاد. هل التصميم المسبق يؤدي مهمة في جانب ولا يدرك ما يؤدي في الجانب الآخر ؟ هل في التصميم المسبق نزعة سادية لإمتاع المتفرجين بالتصعيد الأبدى للصفات المضادة في كلا الجانبين حتى تزيد متعة الطراد ؟ هل التصميم المسبق الذى صنع الحمل يصنع معه الذنب ؟

هل هناك حقا جزء من التصميم المسبق يؤدي إلى أن يرقد النمر بجوار الصبى، وأن يأكل الأسد التبن مثل الثور ؟ وفى هذه الحالة ماذا يكون ثمر تلك الأسنان القوية القاطعة، والمخالب القاتلة للأسد والنمر ؟ لأى سبب تكون سرعة الغزال والعرا التى تأخذ بالأنفاس هي وفن هروبها برشاقة ؟ لا حاجة بنا لأن نقول أنه لا تنشأ أسئلة ومشاكل من هذا النوع عندما نستخدم التفسير التطورى لما يجرى هكذا. يناضل كل جانب من أجل التفوق في سعة الحيلة على الآخر؛ لأنه يحدث في كلا الجانبين أن تلك الأفراد التى تنجح سوف تمرر أوتوماتيكيا الجينات التى أسهمت في نجاحها. تتبثق أفكار "اللاجدوى" و"التبديد" في عقولنا لأننا بشر ولنا القدرة على النظر إلى ما فيه صالح للمنظومة الإيكولوجية ككل. أما الانتخاب الطبيعي فيهتم فقط باستمرار بقاء وتكاثر الجينات المفردة.

الأمر يماثل حالة الأشجار في الغابة. وكما أن كل شجرة لها اقتصادها، حيث السلع التى توضع في الجذع تكون غير متاحة للثمار أو الأوراق، فيمثل ذلك نجد أن فهوود الشيتا والغزلان يكون لكل واحد منها اقتصاده الداخلى الخاص به.

الجرى بسرعة له تكلفته، ليست فحسب تكلفة من الطاقة التي تُنتزع أساسا من الشمس وإنما أيضا تكلفة للمواد التي تذهب إلى صنع العضلات، والعظام، والأوتار - ماكينة السرعة والتسارع. الطعام الذي يأكله الغزال في شكل مواد نباتية طعام محدد في كميته. لئلا كان ما يُنفق لبناء العضلات والسيقان الطويلة من أجل الجرى، فإنه يجب انتزاعه من أحد الأقسام الأخرى لأنشطة الحياة، مثل صنع المواليد، فهذا نشاط ربما "يفضل" الحيوان على نحو مثالي أن ينفق موارده فيه. هناك توازن معقد لأقصى حد للحلول الوسطى التوفيقية وهي حلول تعالج على نحو ميكروى (مصغر). إننا لا نستطيع أن نعرف كل التفاصيل، ولكننا نعرف بالفعل (حسب قانون في الاقتصاديات لا يمكن الخروج عنه) أن من الممكن أن يتم الإنفاق "بأكثر مما ينبغي" في أحد أقسام الحياة، وأن هذا بالتالى ينتزع الموارد بعيدا عن بعض قسم آخر من الحياة. عندما يضع أحد الأفراد قدرا من موارده في سبيل الجرى بأكثر من القدر الأمثل ربما سيتمكن بذلك من النجاة بنفسه. ولكنه بالمقياس الداروينى للفرص قد يتفوق عليه في المناقصة فرد منافس من نوعه نفسه، هو إن كانت سرعة حريه أقل قليلا وبالتالي يتعرض باحتمال أكبر لخطر أن يؤكل، إلا أنه يوصل لحالة توازن صحيح بحيث ينتهى حاله بإنجاب سلالة أكثر تمرر حينات الحصول على التوازن الصحيح.

لا يقتصر الأمر على أن الطاقة والمواد المكلفة هي التي يجب أن تكون في توازن صحيح. هناك أيضا التعرض للخطر: والمخاطر أيضا ليست بالشأن العريب عند الاقتصاديين. السيقان الطويلة الرفيعة أكثر صلاحية للجرى السريع. من المحتم أنها أيضا أكثر صلاحية أو أكثر قابلية للكسور. يحدث على نحو أكثر من منتظم أن تتكسر ساق حصان في سباق الخيل في حمية التسابق، وعادة فإنه يُعدم في التو. وكما رأينا في الفصل الثالث، السبب في أن خيل السباق أكثر عرضة للكسر هكذا هي أن يبالغ في تربيتها للسرعة على حساب كل شيء آخر. الغزلان

وفهود الشيتا هي أيضا قد تم إنسالها انتخابيا بهدف السرعة - وتم هذا الانتخاب طبيعيا وليس اصطناعيا - وهي أيضا تكون أكثر عرضة للكسور إذا حدث أن بالعت الطبيعة في إنسالها للسرعة. ولكن الطبيعة لا تبألج أبدا في إنسالها لأى هدف كان. الطبيعة تجعل للتوازن صحيحا. العالم ملئ بجينات تجعل التوازن صحيحا: هذا هو السبب في أننا موجودون هنا ! ما يعنيه هذا عند التطبيق عمليا هو أن الأفراد الذين لديهم نزعة وراثية لتنمية سيقان طويلة نحيلة على نحو استثنائي، والتي لا يكر أحد أنها ذات قدرة فائقة على الجرى، هؤلاء الأفراد يكون احتمال تمرير جيناتهم في المتوسط أقل ترجيحا عما عند الأفراد الأبطأ قليلا في سرعتهم حيث يكون احتمال كسر سيقانهم الأقل في رفعها احتمالا أقل. هذا محرد مثل واحد افتراضى بين مئات من أمثلة المقايضات والحلول الوسط التوفيقية التى تتحايى بها كل الحيوانات والنباتات. فهى تتحايى بالنسبة للمخاطر، وتتحايى بالنسبة للمقايضات الاقتصادية. وطبيعى أن من يقوم بالتحايى ويصحح التوازن ليست هي أفراد الحيوانات والنبات، وإنما ما يحدث هو أن الأعداد النسبية من الحيات التبادلية في مستودعات الجينات هي التى تم التحايى بها وتصحيح توازنها بواسطة الانتخاب الطبيعى.

في امكان المرء أن يتوقع أن الحل الوسط الأمثل في عملية المقايضة لا يكون ثانيا. بالنسبة للغزلان فإن الحل الوسط للمقايضة بين سرعة الحرى والمطالب الأخرى داخل نطاق اقتصاد الجسم سيتغير وضعه الأمثل بما يعتمد على مدى انتشار اللاحمات في المنطقة. إنها القصة نفسها كما بالنسبة لسمك الجابى في الفصل الخامس. عندما يكون عدد المفترسين قليلا في المنطقة، سيكون الطول الأمثل لساق الغزال طولا أقصر: أكثر الأفراد نجاحا ستكون من جعلها جيناتها قانلة لأن تحول بعض الطاقة والمادة بعيدا عن السيقان حتى نستخدم مثلا في صنع المواليد، أو تخزين الدهن من أجل الشتاء. ستكون هذه الأفراد أيضا أقل عرضة

لأن تتكسر سيفانها. وعلى عكس ذلك فإنه عندما يتزايد عدد المفترسين، سينقل التوازن الأمل تجاه السيقان الأطول، وتزايد خطر الكسور، وإنفاق طاقة ومادة أقل في تلك الحوانب من اقتصاد الجسد التي لا تختص بالجري السريع.

ستعمل نفس هذه الأنواع بالضبط من الحسابات الضمنية لموازنة الحلول الوسط المثلى عند المفترسين. لا شك في أن فهد الثيتا الذي يكسر ساقه سوف يموت حوفاً، وكذلك أيضاً جراؤه. على أن الأمر يعتمد على مدى صعوبة العثور على وجبة، فاحتمال الخطر من الفشل في الحصول على طعام كاف إذا كان فهد الثيتا بحرى بسرعة أبطأ مما ينبغي ربما سيفوق في وزنه احتمال الخطر من كسر ساق عن طريق تجهيز الفهد من أجل الجرى بأسرع مما ينبغي.

يبحس المفترسون والفرائس في سباق تسلح يحدث فيه أن كل جانب يضغط بعير تعتمد على الجانب الآخر ليغير من وضعه الأمل - من حيث الحلول الوسط الاقتصادية والحلول الوسط لمخاطر الحياة - وهو تغيير أكثر وأكثر في الاتجاه نفسه: إما بالمعنى الحرفي لعبارة "للاتجاه نفسه" كما مثلاً في اتجاه زيادة سرعة الجرى؛ أو بمعنى أوسع لعبارة "للاتجاه نفسه" بحيث يهدف إلى سباق التسلح بين المفترس/ الفريسة بدلاً من بعض قسم آخر من أنشطة الحياة مثل إنتاج اللبن. باعتبار أن كلا الجانبين عليهما أن يوازنا احتمال المخاطر الموجود مثلاً في الجرى بأسرع من اللازم (كخطر كسر السيقان أو التفتير في أمور أجزاء أخرى من اقتصاد الجسم) إزاء احتمال مخاطر الجرى بأبطأ مما يلزم (كخطر الفشل في إمساك الفريسة، أو الفشل في الفرار حسب الترتيب)، ويدفع كل جانب الجانب الآخر في الاتجاه نفسه، في نوع شرس من "جنون مشترك بين اثنين".

حسن، لعل كلمة "جنون" لا تفي تماماً بخطورة الأمر، ذلك أن عاقبة الفشل في أى من الجانبين هي الموت - الفشل في جانب الفريسة، والموت حوفاً في

جانب المفترس. ولكن عبارة "المشترك بين اثنين" تستوعب ببراعة الشعور بأنه لو حدث فحسب أن تمكن الصيد والطريدة من الجلوس معا والتوصل إلى اتفاق معقول، سيكون الجميع أحسن حالا. وكما يحدث بالضبط بالنسبة للأشجار في "غابة الصداقة"، فإن من السهل أن ندرك كيف أن اتفاقا كهذا سيفيد الجميع، لو أمكن فحسب التمسك به. إلا أن نفس الإحساس باللاجئ الذي واجهناه في حالة الغابة يسود أيضا في سياق تسليح المفترس/الفريسة. المفترسون يغتزون عبر الزمان التطوري أفضل في الإمساك بالفريسة على أن تكون أفضل في تجنب الإمساك بها. يعمل كلا الحائزين في توازن على تحسين "أجهزتهما" للبقاء في الوجود، ولكن ليس من الضروري أن يأ منهما يظل باقيا بأفضل - وذلك لأن الجانب الآخر يحسن أيضا من أجهزته.

ومن الناحية الأخرى من السهل إدراك كيف أن وجود تصميم مركزي مسبق، بحيث يكون رفاه المجتمع بأسره في القلب منه، ربما يتوصل لأن يحكم ويفصل في اتفاق بالشروط التالية التي تجرى حسب نظام خطوط "غابة الصداقة". فلندع كلا الجانبين "يتفقان" على تخفيض تسليحهما "فيحول كلا الحائسين مواردهما لأقسام أخرى من أنشطة الحياة، وسينتج عن ذلك أن يكون حال الجميع أفضل. وبالطبع فإن هذا نفسه بالضبط يمكن أن يحدث في سياق تسليح بشري. لن نحتاج لطائراتنا المقاتلة إذا كان الجانب الآخر ليس لديه قاذفات قتال. لن نحتاج الطرف الآخر إلى قذائف صاروخية إذا لم يكن لدينا شيء منها. يستطيع كلا الجانبين معا توفير البلايين إذا خفضا للنصف نفقات التسليح ووضعنا النقود في صناعة شعرات المحار. والآن، وقد خفضنا للنصف ميزانية أسلحتنا مع التوصل إلى وضع ثالث، هيا نخفف الميزانية ثانية للنصف. الحيلة البارعة هنا هي أن يتم ذلك في تزامن بين كل جانب والآخر، بحيث يظل كل جانب في نفس الدرجة بالضبط من حس الاستعداد للتناظر مع ما يحدث في الجانب الآخر من تخفيض مطرد لميزانية

التسلح. هذا التخفيض المخطط يجب أن يكون هكذا بالضبط - أى أن يكون محططا. مرة أخرى فإن ما يكون مخططا هو بالضبط ما لا يكون التطور. وكما في حالة أشجار الغابة، فإن تصعيد السباق يكون محتوما، ويظل مستمرا حتى اللحظة التي لا يعود التصعيد فيها يعطى بعد أى مكسب للفرد النمطي. التطور، بخلاف التصميم المسبق، لا يتوقف أبدا لينظر فيما إذا كان هناك فيما يحتمل طريقة أفضل - طريقة من تبادل المنفعة - بالنسبة لكل من يتعلق بهم الأمر، وذلك بدلا من التصعيد في الجانبين من أجل ميزة أنانية: ميزة يبطل تأثيرها بسبب هو بالضبط أن التصعيد "مزدوج" فعلا.

ظل الإغراء بالتفكير على أساس تصميم مسبق ينتشر طويلا بين "الإيكولوجيين الشعبيين"، بل نجد حتى أن الإيكولوجيين الأكاديميين يقتربون أحيانا اقترابا وثيقا خطيرا من هذا الإغراء. هكذا نجد مثلا أن الفكرة المغربية عن "المفترسين الحكماء" لم تكن حلما يدور في رأس شخص أبله يحتض الأشجار، وإنما هي حلم أتى على يد إيكولوجى أمريكى مرموق.

فكرة المفترسين الحكماء هي كالتالى. يعرف الجميع أنه من وجهة نظر الإنسانية ككل، سيكون حالنا أفضل لو أننا جميعا أحجمنا عن الإسراف في صيد نوع مهم من الطعام مثل اللحوت حتى نصل به إلى الانقراض. هذا هو السبب في أن الحكومات والمنظمات غير الحكومية تجتمع في مؤتمرات مهيبة لوضع القيود. تحديد الحصص للصيد. هذا هو السبب في أن اللوائح الحكومية تحدد بدقة مواصفات حجم فتحات شبكات الصيد، وهذا هو السبب في أن هناك دوريات من قوارب مسلحة تطوف بالبحار لتطارده الصيادين المخالفين الذين يستخدمون شبكات الجر. نحن البشر، حتى في أيامنا الجميلة وعندما تنظم الشرطة مجتمعنا تنظيمًا صحيحًا، فإننا نكون "مفترسين حكماء". وإن - أو كما يبدو لبعض إيكولوجيين

معينين - أفلا ينبغي أن نتوقع أن بعض المفترسين البريين، مثل الذئاب أو الأسود تكون هي أيضا من المفترسين الحكماء ؟ كلا، ثم كلا، ثم كلا. والأمر جدير بأن يفهم سببه؛ لأن هذه نقطة مهمة، نقطة ينبغي أن تكون أشجار العابة هي وهذا الفصل كله قد هيأتا لإدراكها.

التصميم المسبق - التصميم للمنظومة الإيكولوجية الذي يكون في القلب منه رفاء مجتمع الحيوانات البرية كله - يمكنه حقا إجراء الحسابات لسياسة محتارة مثلى، ينبغي مثلا أن نتخذها الأسود على نحو مثالى. هكذا يكون على الأسود ألا تلتهم الا حصة معينة من أى نوع واحد من الطباء. وعليها أن تستثنى الإناث الحوامل، ولا تلتهم صغار البالغين المفعمين بإمكانات التكاثر. وعليها أن تتجنب التهام أعضاء الأنواع النادرة، التى قد تكون عرضة لخطر الانقراض، وربما تكون لها فائدة في المستقبل، إذا تغيرت الظروف. ألن يكون رائعا لو أن كل الأسود في البلد التزمت لا غير بالمعايير والحصص المتفق عليها، والتى خُص أمرها بدقة لنكون "مسندامة" ؟ ألن يكون هذا معقولا للغاية ؟ لو أنه وُجد فحسب!

حس، سيكون هذا معقولا، وهو ما سيتم وصفه في التصميم المسبق، على الأقل لو كان رفاء المنظومة الإيكولوجية ككل في القلب منه. ولكن هذا ليس مما سببفه الانتخاب الطبيعى (وسبب ذلك أساسا هو أن الانتخاب الطبيعى الذى تنفصه بصيرة النظر في العواقب، لا يستطيع مطلقا تقديم "وصفة") كما أن هذا ليس ما يحدث في الواقع ! هاكم السبب في ذلك، وهو مرة أخرى القصة نفسها كما تحدث للأشجار في الغابة. دعنا نتخيل أنه نتيجة لبعض دبلوماسية أسدية مميّرة، تمكنت أغلبية الأسود بطريقة ما في إحدى المناطق من الاتفاق على تحديد عمليات صيدها لتكون في مستويات مسندامة. ولكن لنفترض الآن أنه قد ظهر جين طافر في هذه العشيرة، التى فيما عدا ذلك تعد عشيرة لها قيودها ومفعمة بروح

حماهيرية، وأن هذا الجين الطافر كان السبب في أن أحد الأسود قد خرج على الاتفاق وأخذ يستغل عشيرة الفرائس لأقصى حد، حتى مع احتمال خطر أن يدفع ذلك بنوع الفرائس إلى الانقراض. هل سيفرض الانتخاب الطبيعي أى عقوبة على هذا الجين الأثاني التأثير؟ بكل أسف لن يحدث ذلك. سنجد أن ذرية الأسد الثائر، مالكي الجين الثائر، سوف تتفوق في التنافس وفي التكاثر على منافسيها في عشيرة الأسود. وسوف ينتشر الجين الثائر على مر أجيال قليلة خلال العشيرة ولن يتبقى أى شيء من الاتفاقية الأصلية السلمية. فذلك الحيوان الفرد^(١) الذى ينال حصة الأسد سيمرر الحينات اللازمة لأداء ذلك.

إلا أن المتحمسين للتصميم المسبق سوف يحتجون بأنه عندما تسلك كل الأسود سلوكا أنانيا وتسرف في صيد نوع من الفرائس إلى حد انقراضه، فإن "كل فرد" سيسوء حاله، حتى الأسود المفردة التى تكون أكثر الصيادين نجاحا. وفي النهاية، إذا انقرضت كل الفرائس، ستقرض أيضا كل عشيرة الأسود. سيصير بصير التصميم على أنه لا شك في أن الانتخاب الطبيعي سيخطو هنا داحلا ليقف وقوع ذلك؟ مرة أخرى بالخسارة، ومرة أخرى نقول كلا. المشكلة هي أن الانتخاب الطبيعي "لا يخطو داحلا"، الانتخاب الطبيعي لا ينظر إلى المستقبل^(٢).

(١) الحيوان الفرد الذكر أو الأنثى. حالة الأسود بالذات حالة معقدة نتيجة حبيفه أن الإناث هي التى تؤدى معظم الصيد، ولكن للذكور تنحو إلى الحصول على "تصيب الأسد" بأى حال. دعنا لا نتمسك "بالأسود" في مثلى الافتراضى. هيا نفكر في نوع عام من المنقرسين، وننخيل أن الأفراد "الحكماء" هي التى تحجم عن الإصراف في الصيد، وأن الأفراد "الطائشة" تخرج على الاتفاق.

(٢) كثيرا ما ينأسس الكلام المرسل حول التكيف الداروينى على افتراض مصطلح أن التطور له بصيرة ينظر في المواقف (وهذا افتراض لا يتم إيضاحه، وبالتالي فإنه أكثر صررا في النتائج المترتبة عليه). سيننى برينر، بطل القسم عن "سينورهابديتيس" في الفصل الثامن، لديه سرعة=

والانتخاب الطبيعي لا يختار من بين المجموعات المتنافسة. لو أنه كان يفعل ذلك، ستكون هناك بعض فرصة لأن يكون في الإمكان تحييد الافتراض الحكيم. الانتخاب الطبيعي، كما أدرك داروين بوضوح أكثر كثيرا مما أدركه الكثيرون ممن أتوا بعده، يختار بين الأفراد المتنافسين في الداخل من نطاق إحدى العشائر. بل حتى لو كانت العشيرة كلها تنحصر إلى الانقراض، وتُدفع لأسفل بواسطة التنافس الفردي، فسوف يظل الانتخاب الطبيعي يحيد الأفراد الأكثر تنافسية، ويستمر ذلك حتى اللحظة التي يموت فيها آخر فرد. يمكن للانتخاب الطبيعي أن يدفع إحدى العشائر إلى الانقراض، بينما هو يحيد باستمرار، حتى النهاية المريعة، تلك الجينات التنافسية التي تحدد مصيرها بأن تكون آخر من يناله الانقراض. التصميم المسبق الذي تحيلته فيه نوع معين من الاقتصاد، اقتصاد رفاه بحسب الإستراتيجية المثلى لعشيرة بأكملها، أو لمنظومة إيكولوجية بأسرها. إذا كان لا بد وأن نصنع تشبيهات اقتصادية، فإنه ينبغي علينا أن نفكر بدلا من ذلك في "اليد الخفية" عند آدم سميث^(*).

عدالة التطور

على أنى الآن لود أن أترك الاقتصاديات كليا. سوف نظل مع فكرة التخطيط والتصميم، ولكن مخططنا سيكون فيلسوفا أخلاقيا وليس عالم اقتصاد. لعلك إذا كنت تفكر تفكيرا مثاليا ستري أن التصميم المسبق الخير ربما يسعى إلى أن يقلل

= نبيهة ساخرة تتوافق مع ألمعيته علميا. وقد سمعته ذات مرة وهو يسخر من خطأ فكرة "تصيرة التطور" بأن تخيل وجود نوع في العصر الكمبري احتفظ في مستودعه الجيني ببروتين لا فائدة منه في هذا الوضع غير أنه ربما سينزل هكذا بسهولة في العصر الطباشيري

(*) آدم سميث (١٧٢٣ - ١٧٩٠) فيلسوف اجتماعي. وعالم اقتصاد أسكتلندي، يعتبر مؤسس علم الاقتصاد الكلاسيكي والمنظر الأول للرأسمالية الليبرالية. (المترجم)

المعاناة إلى أدنى حد. ليس في هذا ما يتعارض مع الرفاه الاقتصادي، إلا أن النظام الذي يتكون هكذا سيختلف في التفاصيل. ثم مرة أخرى فإنه لسوء الحظ ليس هذا ما يحدث في الطبيعة. لماذا ينبغي ذلك ؟ يحدث على نحو رهيب ولكنه حقيقي، أن المعاناة بين الحيوانات البرية تكون مروعة إلى حد بالغ بحيث يكون من الأفضل لذوى النفوس الحساسة ألا يتأملوا هذا الأمر. كان داروين يدرك عن أى شيء يتحدث عندما قال في خطاب لصديقة هوكر، "ياله من كتاب يمكن لتابع الشيطان أن يكتبه عما تصنعه الطبيعة من أعمال فيها خرق وتبديد وتخطئ منحط وقسوة بشعة". هذه العبارة التى لا تنسى عن تابع الشيطان" قد أعطيتى عنوانا لأحد كتبى السابقة، وقد أوصحتها في كتاب آخر كما يلي:

"الطبيعة ليست رحيمة أو غير رحيمة. وهى ليست ضد المعاناة أو في صفها. الطبيعة لا تهتم بالمعاناة بطريقة أو أخرى إلا إذا كان ذلك يؤثر في بقاء دنا في الوجود. من السهل أن نتخيل مثلا أن أحد الجينات يضيف الهدوء على الغزلان عندما تكون على وشك المعاناة من عضّة قاتلة. هل سيحبذ الانتخاب الطبيعي جينا من هذا النوع ؟ لن يفعل الانتخاب الطبيعي ذلك إلا إذا كان فعل تهدئة الغزال يحسن من فرص هذا الجين في أن يمرر إلى أجيال المستقبل. من الصعب أن ندرك أى سبب في أن الأمر ينبغي أن يكون هكذا وبالتالي فبتنا قد نخمن أن الغزلان تعاني من ألم وخوف فظيعين عندما تطارد لئتموت - وهذا ما يحدث لمعظمها في النهاية. للمقدار الكلى للمعاناة في كل سنة في العالم الطبيعي يتجاوز كل فكر كئيس مهذب. أثناء الدقيقة التى تستغرقها

كتابتي لهذه الجملة، يتم التهام آلاف الحيوانات وهي حية،
بينما تجرى غيرها للنجاة بحياتها، وهي تنن خوفاً، وبعضها
الأخر يتم التهامه ببطء من داخله بواسطة طفيليات نهمة،
وهناك آلاف من كل الصنوف تموت من الجوع، والعطش
والمرض. يجب أن يكون الأمر هكذا. إذا حدث بأى حال ان
كان هناك زمان من الوفرة، فإن هذه الحقيقة نفسها ستؤدى
أوتوماتيكيا إلى تزايد في السكان حتى يتم استعادة الحالة
الطبيعية من الجوع والبؤس".

لعل الطفيليات تسبب معاناة أكثر حتى من المفترسين، وعندما نفهم مطلقها
النطورى فإن هذا بدلا من أن يكون عاملا مخففا سوف يضيف إلى الإحساس
باللاجدوى الذى نخبره عندما نتأمل الأمر. دائما ما أحس بانفجارى بالحق صد
هذا الأمر في كل مرة أصاب فيها بنزلة برد (يتفق أنى حاليا أعانى من هذه
النزلة). ربما يكون في هذا مجرد حالة بسيطة من الضيق، ولكنها أصبا شئ
"لا معنى له" مطلقا! عندما تلتهمك أفعى أناكوندا فإنك تستطيع أن تشعر على الأقل
بأنك قد أسهمت في رفاه أحد سادة الحياة. عندما يلتهمك أحد النمرور، ربما تكون
آخر فكرة تحطر على بالك هي، ما هي تلك اليد أو العين الخالدة التى استطاعت
أن توقع بك أيها الكائن المستمرى المفعم خوفا؟ (في أى أعماق غائرة أو أى سموات
شاسعة تحترق نيران عبوتك؟) أما أن تصاب بفيروس ! الفيروس فيه لا جدوى
بلا معنى مكتوبة في صميم دنا - أو هو في الواقع رناه في حالة فيروس نزلة
البرد، وإن كان المبدأ واحدا في دنا ورننا. للفيروس يوجد لغرض واحد هو أن
يصنع المزيد من الفيروسات. حسن، يصدق الأمر نفسه أساسا على النمرور
والتعابير، ولكنه في حالتها "لا يبدو" بلا جدوى إلى هذا الحد. النمر والشعير قد

يكونا أيضا ماكينات ناسخة تكرر DNA ولكنها جميلة، ورائعة، ومعقدة، وعالية التكلفة كماكينات لنسخ DNA. قد حدث أنى منحت نقودا للحفاظ على النمر، ولكن من ذا الذى يفكر في منح نقود للحفاظ على الإصابة بنزلة برد؟ إن ما يبال منى هو ما في الأمر من عدم الجدوى، بينما لنا أنفخ أنفى مرة أخرى وأنشيق طلبا للهواء.

اللا جدوى ؟ أى سخف هذا. هذا سخف بشرى عاطفى. الانتخاب الطبيعى "كله" بلا جدوى. إنه يدور كله حول بقاء التعليمات الناسخة للذات من أجل نسخ الذات. إذا كان هناك مغاير من DNA يبقى موجودا عن طريق الأناكوندا عندما تبتلنى، أو مغاير من DNA يبقى موجودا بأن يجعلنى أعطم، سيكون هذا إنز كل ما يحتاجه لتفسير الأمر. الفيروسات والنمور كلاهما مبنى على تعليمات مشفرة رسالتها النهائية هي مثل رسالة فيروس الكمبيوتر. "هيا ضاعف نسخى". في حالة فيروس نزلة البرد، يتم تنفيذ التعليمات على نحو مباشر تقريبا. DNA النمر هو أيضا برنامج من "هيا ضاعف نسخى"، ولكنه يحوى ما يكاد يكون استطرادا كبيرا إلى حد خيالى باعتباره جزءا رئيسيا من التنفيذ الكفء لرسائله الأساسية. هذا الاستطراد هو نمر، نمر مكتمل بما له من أنياب، ومحالب، وعضلات للحرى، وعرائر الطراد والانقضاض. يقول DNA النمر "هيا ضاعف من نسخى" بالطريق غير المباشر بأن يُبنى نمر أولاً. وفى الوقت نفسه يقول دنا الظلى، "هيا ضاعف نسخى بالطريق غير المباشر ببناء ظبى أولاً، ظبى كامل بما له من سيقان طويلة وعضلات سريعة، ظبى كامل بماله من غرائز هيابة وأعضاء حس مشحونة بدقة ومصبوطة على الإحساس بخطر النمور". للمعاناة منتج جانبي للتطور بالانتخاب الطبيعى، نتيجة تترتب حتميا، ربما تصيينا بالانزعاج في لحظتنا الأكثر تعاطفا ولكنها ليست مما يُتوقع أن تزعج نمرا - حتى إذا أمكن القول بأن النمر يمكن أن يزعج من أى شىء بأى حال - ومن المؤكد أنها ليست مما يمكن أن يُتوقع أن تزعج حينات النمر.

ينزعج رجال اللاهوت (Theologians) بشأن مشاكل المعاناة والشر، إلى حد أنهم قد ابتكروا مصطلح theodicy الذى يعنى حرفيا العدل الإلهي في محاولة لتفسير هذه المشاكل. علماء بيولوجيا التطور لا يرون هنا أى مشكلة؛ لأن الشر والمعاناة ليس لها أى اعتبار بطريقة أو أخرى، عند إجراء حساب التفاضل بالنسبة لبقاء الحيى. ومع ذلك فنحن في حاجة بالفعل لأن ننظر نظرة اعتبار لمشكلة الألم. من أين يأتى الألم من وجهة النظر التطورية ؟

الألم، مثله مثل كل شيء آخر في الحياة هو فيما نفترض أداة داروينية وظيفتها أن تحسن من فرصة بقاء من يعانى الألم. بُنيت الأمخاخ على أساس الأحكام بالتحربة مثل، "إذا مارست الإحساس بالألم، توقف عما تفعله أيا ما يكون، ولا تفعله مرة أخرى". يبقى بعد ذلك موضوع شيق لمناقشة السبب في أن الأمر يؤدي إلى الألم بهذه الطريقة اللعينة. من الوجهة النظرية، ربما نطأ أن هناك ما يرادف راية حمراء صغيرة يمكن أن ترتفع بلا ألم في بعض مكان من المخ، كلما فعل الحيوان بعض فعل يؤذيه: ربما يكون مثلا للتقاطه لجمرة ساخنة محمرة. سيكون هناك تحذير ملزم. "لا تفعل ذلك ثانية !" أو تغيير غير مؤلم في شكل شبكة أسلاك المخ بحيث يحدث واقعا أن الحيوان "لا يفعل" ذلك ثانية، وسيندو هذا بطريا كافيا في الظاهر. لماذا إذن يكون هذا الألم المبرح اللاقح، ألم مبرح يمكن أن يستمر لأيام، ألم ربما لا تستطيع الذاكرة أن تتحرر منه أبدا ؟ ربما يكون هذا السؤال مما يشابك وثيقا مع نسخة العدل الخاصة بنظرية التطور. لماذا هذا الألم البالغ ؟ ما هو الخطأ في أن توجد مجرد راية حمراء صغيرة ؟

ليس لدى إجابة حاسمة عن ذلك. إحدى الإمكانيات المثيرة هي كالتالى. ماذا لو أن المخ يكون عرضة لوجود تعارض بين الرغبات والدوافع، بحيث يظل هناك بعض نوع من الصراع الداخلى فيما بينها ؟ نحن من الوجهة الذاتية نعرف جيدا

هذا الشعور. قد يكون لدينا مثلا صراع بين الجوع وبين الرغبة في أن نكون نحيفين. أو ربما يكون لدينا صراع بين الغضب والخوف. أو أنه يكون بين الرغبة الجنسية والتحفظ خوفا من الرفض، أو أن هناك الضمير يلح على الإخلاص. نحن نستطيع بالمعنى الحرفي للكلمة أن نشعر بالشد بين عوامل الحرب من داخلنا، عندما تدور المعارك بين رغباتنا المتصارعة. ونعود الآن ثانية إلى الألم واحتمال أن له وضعه المتفوق على "الرغبة الحمراء". وكما أن الرغبة في النحافة يمكن أن تتحكم في الجوع، فإن من الواضح بمثل ذلك تماما أنه يمكن التحكم في الرغبة في التهرب من الألم. ضحايا التعذيب قد يخضعوا في النهاية، ولكنهم غالبا ما يمرون بمرحلة من تحمل ألم له قدره بدلا من أن يحدث مثلا أن يخونوا رفاقهم أو بلادهم أو أيديولوجيتهم. وبمدى ما يمكن القول بأن الانتخاب الطبيعي "يريد" أي شيء، فإن الانتخاب الطبيعي يريد للأفراد ألا يضحوا بأنفسهم حبا لبلادهم، أو من أجل إحدى الأيديولوجيات أو أحد الأحزاب أو إحدى المجموعات أو أحد الأنواع. الانتخاب الطبيعي يتخذ موقفا "ضد" تحكم الأفراد في أحاسيس الألم المندرة. الانتخاب الطبيعي "يريد" لنا أن نبقى موجودين، أو على الأخص، يريد لنا أن نتكاثر، وأن نعلو بعيدا عن البلد، أو الأيديولوجيا أو مرادفاتهما غير الإنسانية. في نطاق ما يخص الانتخاب الطبيعي، لن تكون الرايات الحمراء الصغيرة مفضلة إلا إذا لم تكن أبدا مما يتم التحكم فيه.

والآن، فعلى الرغم من المصاعب الفلسفية، إلا أنني أعتقد أن المواقف التي يتم فيها التحكم في الألم لأسباب لا داروينية - أسباب من الولاء للبلاد، أو الأيديولوجية، إلخ - سيزداد تكررها لو كان لدينا في المخ "رغبة حمراء" بدلا من الألم الواقعي المكتمل غير المتحمل. دعنا نفترض أنه قد ظهرت طفرات حينية لا تستطيع أن تشعر بتباريح الألم المعذبة وإنما تعتمد بدلا من ذلك على منظومة "الرغبة الحمراء" لتبقيها بعيدا عن أذى الجسم. سيكون من السهل جدا على هذه

الكائنات الطافرة أن تقاوم التعذيب، وسرعان ما ستجد للتجسس. إلا أنه سيكون من السهل أيضا سهولة بالغة تجنيد عملاء مجهزين لتحمل التعذيب، بحيث أن التعذيب سيتوقف ببساطة عن أن يستخدم كوسيلة لانتزاع المعلومات. ولكن هل سيحدث في دولة وحشية، أن هذه الكائنات الطافرة المتحررة من الألم ذراياتها الحمراء، سوف تبقى موجودة بأفضل من الأفراد المنافسة لها التي نحس أمحاحها بالألم على نحو جدى ؟ هل ستبقى هذه الطافرات موجودة لتمرر ذينات الرايات الحمراء الديلة للألم ؟ حتى لو وضعنا جانباً الظروف الخاصة للتعذيب، والظروف الخاصة للولاء للأيدولوجيات، أعتقد أننا نستطيع أن نرى أن الإجابة قد تكون بالنفى. وفي وسعنا أن نتخيل مرادفات غير إنسانية لذلك.

من الأمور المثيرة للاهتمام أن هناك بعض أراض شواد لا يستطيعون الشعور بالألم، وهم عادة ينتهون إلى خاتمة سينة، هناك حالة من "عدم الإحساس خلفياً بالألم مصحوبة بالجفاف "Congenital insensitivity to pain with "anhidrosis" ومقصورتها "CIPA، سيبا"، وهى حالة شذوذ وراثية نادرة، ناتجة عن أن المريض ينقصه وجود خلايا استقبال الألم في الجلد (مصحوبة أيضا بحفاف الجلد - لأنه لا يعرق). من المعترف به أن مرضى "سيبا" ليس لديهم منظومة "رايات حمراء" مبيتة داخلهم لتعوض عن انهيار منظومة الألم عندهم، ولكنك ستظن أنهم يستطيعون أن يتعلموا أن يكونوا متنبهين معرفياً بحاحتهم إلى تجنب إصابة أجسامهم بالأذى - منظومة "رايات حمراء" تتم بالتعليم. أيا كان الحال، فإن مرضى "سيبا" يتعرضون لأنواع شتى من العواقب الكريهة التي تترتب على عدم قدرتهم على الشعور بالألم، بما في ذلك إصابتهم بحروق، وكسور، وندوب متعددة، وإصابتهم بالعدوى، وبالتهاب للزائدة الدودية غير معالج، وخدوش في مطة العين. وهناك ما هو غير متوقع لأكثر من ذلك، فهم يعانون من أذى شديد في مفاصلهم، لأنهم. بخلاف سائر الناس، لا يغيرون من وضع جسدكم عندما يظنون جالسين

أو راقدين في وضع واحد لزم من طويل. بعض هؤلاء المرضى يحفرون أنفسهم ساعات توفيت لتذكركم بأن يكرروا تغيير وضعهم أثناء النهار.

حتى إذا أمكن صنع منظومة "رايات حمراء" فعالة في المخ، فإنه فيما يبدو لا يوجد سبب قوى لأن يحبذ الانتخاب الطبيعي إيجابيا هذه المنظومة أكثر من منظومة الألم الحقيقي لمجرد أن منظومة الرايات الحمراء تكون مكروهة بدرجة أقل. الانتخاب الطبيعي، بخلاف ما نفترضه من التصميم المسبق الخيز، لا يكثر بشدة المعاناة - إلا بمدى ما تؤثر في البقاء والتكاثر. وكما أننا ينبغي أن نتوقع أن البقاء للأصلح هو ما يوجد في الأساس من عالم الطبيعة وليس التصميم المسبق، فإن يمثل ذلك تماما يبدو أن عالم الطبيعة لا يتخذ أى خطوات مطلقا للإقلال من المفاد الكلى للمعاناة. تأمل ستيفن جاى جولد هذه الأمور في مقال ممتاز عن "الطبيعة اللا أخلاقية". تعلمت من هذا المقال أن اشمنزلار داروين المشهور من الدبور النمى، الذى استشهدت به في نهاية الفصل السابق كان أبعد من أن يكون أمرا فريدا بين المفكرين الفكتوريين.

تعودت دبابير النمى على أن تمل ضحيّتها ولا تفلها، قبل أن تصع بيضتها داخلها، وهذا إجراء فيه ما يعد بقص يرقة تلتهم الضحية بقضمها من الداخل لتصبح حواء، هذا الدبابير بعادتها هذه هي وما في الطبيعة عموما من قسوة، كانت من الأمور الشاغلة الرئيسية للعدل الفيكورى. من السهل أن ندرك سبب ذلك. أنشئ الدور تضع بيضها داخل الحشرة الفريسة الحية، مثل حشرات اليسروع، ولكنها لا تفعل ذلك إلا بعد أن تسعى بحرص بإبرة حماتها اللاسعة لتتال من كل عدة عصبية في دورها، بطريقة تؤدي إلى شلل الفريسة، وإن كانت تبقى حية. ينبغي أن يحتفظ بها حية لتوفر لحما طازجا ليرقة الدبور المتنامية وهي تتعدى من الداخل. واليرقة بدورها تحرص على أن تلتهم الأعضاء الداخلية بترتيب محكم. فهي تبدأ بالتهام جسيمات الدهن والأعضاء الهضمية، تاركة الأعضاء الحيوية كالقلب والجهاز العصبى لتأكلها عند النهاية - فهي كما ترى ضرورية

للإبقاء على بركة اليسروع حية. وكما تسأل داروين بحدّة، أى نوع هذا من التصميم المسبق الخيّر يمكن له أن يحلم بتصميم "كهذا"؟ لست أعرف إن كانت يركات اليسروع تستطيع أن تشعر بالألم. أمل من كل قلبي ألا تشعر به. إلا أن ما أعرفه بالفعل هو أن الانتخاب الطبيعي لن يتخذ بأى حال أى خطوات لإحماذ ألمها، ما دام يمكن إنجاز المهمة باقتصاد أكثر بمجرد إحداث شلل في حركاتها.

يستشهد جولد بالمبجل ويليام بكلاند، وهو عالم جيولوجيا مرموق في القرن التاسع عشر، وقد وجد عزاء في الدورة المتعاقلة التي أمكنه أن بصيغها على المعاناة التي تسببها اللاحمات:

"وبالتالى فإن توظيف الموت بواسطة العوامل الفعالة من اللاحمات، على أنه الإنهاء العادى لوجود الحيوان، يبدو هذا التوظيف في نتائجه النهائية على أنه نوع من توزيع للخير؛ إنه يؤدى إلى أن يطرح الكثير من حاصل الجمع المتراكم لألم الموت الشامل؛ إنه يختصر، ويوشك أن يبيد في كل مكان ما يحدث من التخليق الوحشى، وبؤس المرض، والجروح العارضة، والتحلل المتسكع؛ ويفرض قيّدا مفيدا على الإفراط في تزايد الأعداد، بحيث أن الإمداد بالطعام يبقى محتفظا دائما بالنسبة الملائمة للطلب. نتيجة ذلك هي أن سطح الأرض وأعماق المياه تظل مزدهمة دائما بما لا يحصى من الكائنات الحية، التي تمتد متع حياتها متسعة طول زمن بقاءها؛ وهكذا فإنها أثناء الزمن القصير الذى خصص لوجودها تنجز بسعادة الوظائف التي خلفت من أجلها".

حسن، أليس هذا رائعا لهم !

الفصل الثالث عشر

هناك عظمة في هذه النظرة للحياة

كان إيرازموس جد داروين من أنصار مذهب التطور، وكان له نظم علمي يثير إعجاب وردزورث^(*) وكولريدج^(**) (وعلى أن أقول هنا أن هذا فيه ما يثير الدهشة إلى حد ما)، أما تشارلز داروين فهو بخلاف جده لم يكن مشهورا كشاعر، ولكنه أنتج ما يماثل تصعيدا غائيا في آخر فقرة من كتابه "عن أصل الأنواع".

"هكذا فإن أرفع هدف يمكننا تصوره كنتيجة لحرب الطبيعة، والمجاعة، والموت^(١)، هو هدف إنتاج الحيوانات العليا، الذي يترتب على هذه الأمور مباشرة. هناك عظمة في هذه النظرة للحياة، بما لها من قدرات عديدة وقد نُفِثت أصلا في أشكال قليلة أو في شكل واحد؛ وهكذا بينما يظل كوكبنا

(*) وردزورث، ويليام (١٧٧١ - ١٨٥٠) من كبار شعراء الرومانسية الإنجليز. (المترجم)

(**) كولريدج، صمويل تايلور (١٧٧٢ - ١٨٢٤) شاعر رومانسي إنجليزي ومنظر لبي كبير. (المترجم)

(١) يخبرنا داروين أنه قد استقى إلهامه الأصلي عن الانتخاب الطبيعي من توماس مالتوس، وربما تكون هذه العبارة بالذات لداروين قد حثت عليها الفقرة التالية التي تشبه سفر الرؤيا. والتي لفت نظري لها صديقي مات ريدلي: "يبدو أن المجاعة هي آخر ملاذ للطبيعة وأكثرها إزعاجا. عدد السكان له قدرة تفوق كثيرا قدرة الأرض على إنتاج ما يكفي لنقاء الإنسان، بحيث أنه لا بد أن يحل الموت قبل الأوان ضيفا على الجنس البشري بصورة أو أخرى. ردائل الحس البشري تعمل بنشاط وهي عوامل فعالة في الإقلال من السكان. إنها التحذير في جيش الدمار العظيم، وكثيرا ما تنهى المهمة المفزعة بنفسها. ولكن حتى إذا فشلت في هذه الحرب المبيدة، فسوف تخطو قدما في مصقوفة مرعية مواسم من الأمراض، والأوبئة، والأمراض المعدية والطاعون، كلها تحتاج الآلاف وعشرات الآلاف من ضحاياها. وإذا لم يسبح هذا كله بحاحا كاملا، نأتى متشامخة في المؤخرة مجاعات محتومة هائلة تودي بصرة واحدة حجارة إلى أن تسوى بين مستوى السكان والطعام في العالم."

هذا يدور حسب قنون الجاذبية الثابت، ظلت تتطور،
ولا تزال تتطور، من بدايات بسيطة للغاية أشكال لا نهاية لها
غاية في الجمال والروعة".

يحتشد في هذه الخاتمة الممنقة المشهورة الشيء الكثير، وأود أن أنهى كتابي
بتناولها سطرًا بعد سطر.

"كنتيجة لحرب الطبيعة

والمجاعة والموت "

أدرك داروين بتفكيره الرائق دائما، ما يوجد من مفارقة أخلاقية في القلب
من نظريته العظيمة. وهو لم يتصنع في كلماته - وإنما طرح فكرة تحفف من حدة
الأمر، وهى أن الطبيعة ليس لها مقاصد شريرة. الأمور تترتب ببساطة على
"قوانين لها فعلها في كل ما حولنا"، وأنا أستشهد هنا بجملة أسبق في الفقرة نفسها.
وقد ذكر داروين شيئا مشابها في نهاية الفصل السابع من كتاب "الأصل":

"قد لا يكون في هذا استنتاج منطقي ولكنى أتصور أنه
سيكون من المقبول إلى حد أبعد كثيرا أن ننظر إلى غرائز
من مثل ما يفعله طائر الوقواق الصغير السن عندما يلقي
خارجا بأشغاله بالتبني، - والنمل الذى يستخدم العبيد -
ويرقات دبور النمس التى تتغذى من داخل الأجساد الحية
لليسروع، هذه الغرائز كلها ننظر إليها ليس على أنها غرائز
تم بوجه خاص منحها أو تخليقها، وإنما على أنها نتائج

صغيرة تترتب على قانون علم واحد، يؤدي إلى تقدم كل الكائنات الحية، أي أنه يؤدي بها إلى أن تتكاثر، وتتغير، وتتيح للأقوى أن يعيش وللأضعف أن يموت".

سبق أن ذكرت ما كان من اشمزاز داروين - اشمزازا شاركة فيه معاصروه على مدى واسع - إزاء ما اعتادته أنثى دبور النمس من لدغ ضحيتها لتشلها ولكنها لا تقتلها، وبالتالي فإنها تبقى لحمها طازجا حتى تأكل برفقة الدبور العريسة الحية وهي من داخلها. ولعل القارئ يتذكر أن داروين لم يستطع أن يقنع نفسه بوجود تصميم مسبق خير يؤدي إلى هذه العادة. أما عندما يقود الانتخاب الطبيعي المسيرة، فإن الأمور كلها تغدو واضحة، ومفهومة، ومعقولة. لا يبالى الانتخاب الطبيعي أدنى مبالاة بأن يكون الأمر مريحا للمشاعر. ولماذا ينبغي أن يكون كذلك؟ المطلب الوحيد حتى يتم أن يحدث شيء في الطبيعة هو أن يكون نفس هذا الحدث قد ساعد في زمن الأسلاف على إبقاء الجينات التي تعززه. بقاء الجين موجودا فيه التفسير الكافي لوحشية الدبابير واللامبالاة الغليظة للطبيعة كلها: هذا تفسير كاف - وتفسير مرض لعقل البشر وإن لم يكن كذلك بالنسبة لمشاعر الشفقة لديهم.

نعم، هناك عظمة في هذه النظرة للحياة، بل هناك حتى عظمة فيما للطبيعة من لا مبالاة هادئة بالمعاناة التي تتأبر بعناد لا يرحم على أن تأتي في أعقاب مبدأها المرشد، البقاء للأصلح. ربما يجفل رجال اللاهوت لما يظهر هنا من صدى لحيل مألوفة في العدالة للمثالية، حيث يُنظر إلى المعاناة على أنها ترتبط ارتباطا حتميا بالإرادة الحرة. البيولوجيون من جانبهم سيجدون أن عبارة "عناد لا يرحم" ليست مطلقا عبارة أقوى مما ينبغي عندما يتأملون الوظيفة البيولوجية للقدرة على المعاناة - ربما يكون ذلك حسب خطوط تأملاتي عن "الرأية الحمراء" في الفصل

السابق. لو كانت الحيوانات لا تعاني، لكان هناك إذن عامل ما لا يعمل حاهذا بما يكفى لمهمة بقاء اللجين.

العلماء بشر، ولهم الحق مثل أى فرد آخر فى أن يلعنوا القسوة وأن يشمنزوا من المعاناة. إلا أن العلماء الممتازون مثل داروين يدركون أنه لا بد من مواجهة الحقائق فى العالم للواقعى مهما كانت منفرة. وبالإضافة لذلك، فإننا إذا كنا سنسمح بإدخال الاعتبارات الذاتية، فإن هناك لعنة كالمسحر فى المنطق الكنيب الذى ينتشر فى الحياة كلها، بما فى ذلك ما تفعله الدبابير إذ تتابع هدفها بأن تشل العقد العصبية بطول فريستها، وطيور الوقواق التى تقتف أشقاءها بالتبني خارج العش (يا قاتل عصفور السياج فوق غصنه)، والنمل مستخدم العبيد، ثم تلك اللامبالاة الأحادية التفكير - أو الأولى أنها بلا تفكير - التى تبديها الطفيليات كلها والمفترسون كلهم إزاء المعاناة. كان داروين يلتفت إلى الوراء موسيا عندما ختم فصله عن الصراع للبقاء بهذه الكلمات:

كل ما نستطيع أن نفعله، هو أن نبقى فى ذهننا على نحو ثابت أن كل كائن حى يناضل ليتزايد بنسبة هندسية؛ وأن كل كائن حى عند فترة ما من حياته، خلال أحد فصول السنة، أو خلال كل جيل أو خلال بعض الفترات، يكون عليه أن يناضل ليعيش، وأن يعانى من تلف عظيم. عندما نتأمل هذا النضال، ربما نواسى أنفسنا بالإيمان الكامل بأن حرب الطبيعة ليست متواصلة، وأنه ليس من خوف يحسن به^(١)، وأن الموت عموما يكون عاجلا، وأن من يكون مقعما بالقوة، والصحة، والسعادة يبقى فى الوجود ويتكاثر.

(١) كم أتمنى لو استطعت أن أصدق ذلك.

إطلاق النار على الرسول بعد من أحمق نقط الضعف البشرية، وهو في الأساس من سلوك شريحة لها قدرها من معارضى التطور كما ذكرت في المقدمة. "لو علمت الأطفال أنهم حيوانات، سوف يملكون كحيوانات". حتى لو كان من الحقيقي أن التطور، أو تدريس التطور، يشجع لعدم الأخلاقيات، فإن هذا لا يتضمن أن نظرية التطور زائفة. من المذهل تماماً أن للكثيرين من الناس لا يستطيعون استيعاب هذه النقطة المنطقية البسيطة. هذه المغالطة شائعة إلى حد بالغ حتى أن لها اسمها، "حجة مبنية على النتيجة" - (س) تكون حقيقية (أو كاذبة) بسبب مدى حبي (أو كرهى) للنتائج التى تترتب عليها.

"أرفع هدف يمكننا تصوره"

هل "إنتاج الحيوانات العليا" هو حقاً "أرفع" هدف لنا القدرة على تصوره؟ "أرفع" هدف؟ وحقاً؟ ألا توجد أهداف أكثر رفعة؟ الفن؟ الروحانية؟ "روميو وجولييت"؟ النسبية العامة؟ السمفونية الكورالية؟ محراب السيستين^(*)؟ الحب؟

علينا أن نتذكر أن داروين مع كل تواضعه الشخصى كانت له طموحات رفيعة. وهو في رأيه الشامل عن العالم يرى أن كل ما يتعلق بالعقل البشرى، وكل عواطفنا ودعوانا للروحانية، وكل الفنون والرياضيات، والفلسفة والموسيقى، وكل الإنجازات الفذة العقلية والروحانية، كلها هي نفسها منتجات للعملية نفسها التى أدت إلى الحيوانات العليا. لا يقتصر الأمر فحسب على أنه بدون الأمخاخ المتطورة

(*) محراب يتعد فيه الجبا في الفاتيكان، ومزين بصور وأيقونات رائعة لكبار الفنانين في عصر النهضة ومن أهمهم مايكل أنجلو الذى رسم صورة المسيح. (المترجم)

سيستحيل وجود الروحانيات والموسيقى. النقطة المحددة بأكثر، هي أن الأمخاح قد تم انتخابها الطبيعي لتزداد قدرة وقوة لأسباب منفعية، حتى انبثقت تلك الملكات العليا العقلية والروحية كنتاج جانبي لذلك، وازدهرت في البيئة الثقافية التي توفرها المعيشة الجماعية واللغة. النظرة الداروينية الشاملة للعالم لا تنوه الملكات البشرية العليا، ولا "تختزلها" إلى مستوى مهين. بل أنها لا تزعم حتى أنها تفسرها بنوع من المستويات التي تبدو مُرضية بطريقة خاصة، كأن تكون بالطريقة نفسها مثلا التي تفسر بها الداروينية محاكاة للسروع للشعبان تفسيراً مُرضياً. ولكنها تزعم فعلاً أنها قد جرفت بعيداً ذلك الغموض الذي لا يمكن اختراقه - أو لا يستحق حتى مجرد محاولة اختراقه - والذي لا بد وأنه لازم كل جهود زمن ما قبل الداروينية لفهم الحياة.

على أن داروين ليس في حاجة لأي دفاع مني، وسوف أتجاوز ذلك السؤال عما إذا كان إنتاج الحيوانات العليا هو أرفع هدف نستطيع تصوره، أو هو حتى مجرد هدف رفيع جداً. ماذا إذن عن محمول القضية؟ هل يحدث أن إنتاج الحيوانات العليا "يترتب مباشرة" على حرب الطبيعة، وعلى المجاعة، والموت؟ حسن، الإجابة هي نعم، هذا يحدث. فهو يترتب مباشرة على ذلك إذا فهمنا استدلال داروين، إلا أن أحداً لم يفهمه حتى انقضاء القرن التاسع عشر. ولا يزال الكثيرون لا يفهمونه، أو ربما هم يمانعون في فهمه. ليس من الصعب أن ندرك سبب ذلك. إذا فكرنا في الأمر، سنجد أن وجودنا نفسه هو وإمكان تفسيره في زمن ما بعد الداروينية، أمر يرشح لظهور حقيقة مذهلة لأقصى حد حتى أنها تدعو كل واحد منا إلى التأمل في حيلتنا كلها دائماً أبداً. سأتى سريعاً إلى هذه النقطة.

أننى لأعجز عن تذكر عدد الخطابات المحنقة التى تلقيتها ممن قرأوا أحد كتبى السابقة، ليؤنبونى لأنى حسب ظنهم قد تعمدت إهمال عبارة بالغة الأهمية ذكرها داروين وهى أن الحياة "نفثت" بواسطة الخالق ". ألمست هكذا أتعمد بانتهاج تشويه قصد داروين؟ ينسب كتاب هذه الخطابات المتحمسون أن كتاب داروين العظيم أعيد إصداره في ست طبعات. في الطبعة الأولى وردت الحملة كما كتبها هنا. فيما يفترض قد يكون داروين قد تحنى أمام ضغط الرواق الدينى وأدخل عبارة "بواسطة الخالق" في الطبعة الثانية وكل الطبعات التالية. ما لم يكن هناك سبب قوى جدا ضد ما أفعله، فأنتى عندما استشهد بكتاب "عن أصل الأنواع"، استشهد دائما بالطبعة الأولى. سبب هذا في جزء منه هو أن نسختى من هذه الطبعة التاريخية هي إحدى أعلى مقتنياتي، وقد منحها لى تشارلز سيمويى صديقى الذى يرعائى أيضا. إلا أن السبب أيضا هو أن هذه الطبعة الأولى لها أهمية تاريخية كبرى. إنها الطبعة التى أحدثت ضربة مدوية في شبكة النحبة الفكرية ودفعت بعيدا رياح القرون الماضية. وبالإضافة لذلك، فإن الطبعات اللاحقة، وخاصة الطبعة السادسة، انقادت لما هو أكثر من مجرد الرأى العام. حاول داروين الاستجابة لشتى النقاد المتقنين، وإن كانوا مضللين، أولئك الذين انتقدوا الطبعة الأولى، وفي هذه المحاولة تراجع داروين، بل حتى عكس موقفه، في عدد من النقاط المهمة التى كانت بالفعل صحيحة في المقام الأول. وهكذا فإن عبارة "قد نفثت أصلا" لم يرد فيها "بواسطة الخالق" في الطبعة الأولى.

يبدو أن داروين قد ندم على هذه المحاولة لاسترضاء الفكر المتعصب دينيا. هكذا فإنه أرسل خطابا في ١٨٦٣ إلى صديقه عالم النبات جوزيف هوكر، قال فيه، "على أنى ندمت طويلا لإذعائى للرأى العام، واستخدامى لمصطلح من أسفار العهد القديم بمعنى الخلق، في حين أنى كنت في الحقيقة أعنى "ظهور" شىء ما عن

طريق عملية مجهولة بالكامل. "مصطلح أسفار العهد القديم" الذى يشير إليه داروين هنا هو "التكوين" أو الخلق. سياق ذلك، كما شرح فرنسيس داروين في طبعة ١٨٨٧ لخطابات والده، هو أنه كان يكتب ليشكر هوكر لأنه أعاره مقالاً لعرض كتاب لكاربنتر، يتحدث فيه عارض للكتاب الذى لم يصرح باسمه عن "قوة خالقة... لم يتمكن داروين من التعبير عنها إلا بمصطلحات أسفار العهد القديم باعتبارها الشكل الأولى "الذى نفتت به الحياة أصلاً". ينبغى الآن أن نستغنى حتى عن "الذى نفتت به أصلاً". ما هو هذا الشيء الذى يفترض أنه نفتت في ماذا؟ فيما يفترض فإن الإشارة المقصودة هي إلى بعض نوع من تنفس الحياة^(١)، ولكن ماذا يمكن أن يعنى هذا؟ كلما دققنا النظر إلى الحد الفاصل بين الحياة واللاحياء يصبح التمييز بينهما أكثر مروعة. الحياة، ذات الحيوية، كان يفترض أن بها بعض نوع من صفة نبض خافق حيوى، بعض جوهر حيوى - يبدو حتى أكثر غموصاً عندما ينتهى في الفرنسية إلى مصطلح "élan vital، القوة الحيوية"^(٢). يبدو هكذا أن الحياة قد صنعت من مادة حية خاصة، شراب سحرة مخمر يسمى "البروتوبلارم". هناك شخصية روائية عند كوناى دويل اسمها "الأستاذ تشالنجر، الأستاذ المتحدى" هي حتى أكثر منافاة للعقل عن شخصية شرلوك هولمز، وقد اكتشف هذا الأستاذ أن الأرض حية، وكأنها نوع من قنفذ بحر مارد محارته هي القشرة التى نراها، ولبه يتكون من بروتوبلارم نقي. كان من المعتقد حتى منتصف القرن العشرين أن الحياة من حيث الكيف تتجاوز الفيزياء والكيمياء. لم يعد الأمر هكذا. الفارق بين

(١) التراث الدينى قد عرف الحياة من زمن طويل بالتنفس. كلمة "الروح" تأتى من الكلمة اللاتينية "لتنفس". حسب سفر التكوين صنع الرب أولاً آدم ثم أنضم فيه الحياة بأن نفخ (نفت) في أنفه. الكلمة العبرية "لروح" هي "رواح" أو "رواش" (قريبة من كلمة "الروح" في العربية)، وهي تعنى أيضاً "النفس"، و"الريح"، و"الشهيق".

(٢) سك هذا المصطلح في ١٩٠٧ الفيلسوف الفرنسى هنرى برجسون. ظلت دائماً أقدر الاستبطان الساحر لحواليان هكسلى بأن قطرات السمك الحبيبية لا بد أنها تدفع "بالقوة القطارية".

الحياة واللا حياة ليس أمرا يتعلّق بالمادة وإنما هو أمر يتعلّق "بالمعلومات". الأشياء الحية تحوى كميات هائلة من المعلومات. معظم هذه المعلومات مشفّر رقميا في دنا، كما أنه توجد أيضا كمية لها قدرها مشفرة بطرائق أخرى، كما سوف نرى سريعا.

بالنسبة لحالة D N A، نحن نفهم إلى حد كبير طريقة تنامي المحتوى المعلوماتي عبر الزمان الجيولوجي. أطلق داروين على هذه الطريقة اسم الانتخاب الطبيعي، ونحن نستطيع أن نحدده بدقة أكبر على أنه: البقاء اللاعشوائى للمعلومات التى تشفر للوصفات الجينية لذلك البقاء. من الواضح بذاته أن من المتوقع أن هذه الوصفات للبقاء الخاص لها ستتحو إلى أن تظل باقية. الأمر الخاص فيما يتعلّق بدنا هو أنه يظل باقيا في الوجود ليس بذاته المادية وإنما في شكل سلسلة لا نهائية من النسخ. تحدث أخطاء عارضة أثناء النسخ، وهذا هو السبب في أن المتغيرات الجديدة قد تظل باقية حتى بأفضل من سلفها، وبالتالي فإن قاعدة بيانات المعلومات التى تشفر لوصفات البقاء سوف تتحسن بمضى الزمن. ستظهر هذه التحسينات في شكل الأجساد الأفضل وغير ذلك من الوسائل والأجهزة اللازمة للمحافظة على المعلومات المشفرة وتمريرها. عمليا نجد أن الحفاظ على معلومات دنا وتمريرها يعنى طبيعيا بقاء الأجساد التى تحويه وتكاثرها. كانت أبحاث داروين نفسه تجرى على مستوى الأجساد، وبقائهم موجودة، وتكاثرها. للمعلومات المشفرة من داخلها كانت مصممة في رأيه الشامل عن العالم، ولكنها لم تجعل واضحة إلا في القرن العشرين.

سوف نخدو قاعدة للبيانات الوراثية مستودعا للمعلومات حول بيانات الماضى، البيانات التى ظل الأسلاف موجودين فيها حتى مروروا الجينات التى ساعدتهم على البقاء في الوجود. وبمدى ما يصل إليه التشابه بين بيئة الحاضر والمستقبل وبين بيئة الماضى (وهى غالبا ما تتشابه)، فإن "كتاب الموتى" هذا عن

الوراثة سوف يثبت في النهاية أنه كتاب معلومات إرشادية يفيد للبقاء في الزمن الحالي والمستقبل. سيبقى مستودع هذه المعلومات كامنا عند أى لحظة واحدة داخل الأجساد الفردية، أما على المدى الطويل، حيث يكون التكاثر جنسيا وتتم إعادة توريع D N A من جسد للآخر، فإن قاعدة بيانات تعليمات النقاء في الوجود ستكون في المستودع للجينى للنوع.

جينوم كل فرد واحد، في أى جيل واحد، سيكون عينة من قاعدة بيانات النوع. ستكون للأشكال المختلفة قواعد بيانات مختلفة وذلك بسبب عوالم أسلافها المختلفة. قاعدة البيانات في مستودع جينات الجمل ستشفر لمعلومات حول الصحارى وطريقة البقاء في الوجود فيها. D N A في المستودعات الجينية للخلد سيحوى تعليمات وإشارات للبقاء في الوجود في الظلام، وللترية الرطبة، D N A في مستودعات جينات المفترسين سيحوى معلومات متزايدة حول الحيوانات الفرائس، وحيلها في المراوغة وطريقة التفوق في البراعة عليها. أما D N A في مستودعات جينات الفرائس فإنه يتوصل إلى أن يحوى معلومات حول الحيوانات المفترسة وطريقة مرلوغتها والتفوق عليها في الجرى. D N A في كل المستودعات الجينية يحوى معلومات عن الطفيليات وطريقة مقاومة غزواتها الخبيثة.

المعلومات عن طريقة التعامل مع الحاضر من أجل البقاء في المستقبل هي بالضرورة معلومات تجمع من الماضي. الطريقة الواضحة لتسجيل معلومات الماضي لتستخدم في المستقبل هي البقاء اللاعشوائى لـ D N A في أجساد السلف، وهذا هو الطريق الذى يتم به بناء قاعدة بيانات D N A الأولية. على أن هناك ثلاث طرائق أخرى تتم بها أرشفة الماضي بطريقة يمكن بها استخدامه لتحسين فرص النقاء في المستقبل. هذه الطرائق الثلاث هي بالجهاز المناعى، والجهاز العصبى، والثقافة. يحدث في مصاحبة للأجنة، والرنات وكل أدوات

البقاء الأخرى أو كل واحد من هذه النظم الثانوية لجمع المعلومات يتمثل في النهاية تمثلاً مسبقاً بواسطة النظام الأولي: الانتخاب الطبيعي D N A. نستطيع أن نسميها كلها معاً بأنها "الذاكرات" الأربع.

الذاكرة الأولى هي مستودع D N A لتكنيكات بقاء السلف، وقد كتبت على لفافة البردى المتحركة التي نسميها المستودع الجيني للنوع. وكما أن قاعدة بيانات D N A الموروثة تسجل التفاصيل المتعادلة لبيانات السلف وطريقة البقاء معها، فبمثل ذلك تماماً نجد أن جهاز المناعة، "الذاكرة الثانية" يفعل الشيء نفسه بالنسبة للأمراض والأضرار الأخرى التي تصيب الجسد أثناء زمن الحياة الخاص بالفرد. هذه القاعدة للبيانات عن الأمراض السالفة وطريقة البقاء لإزاءها هي قاعدة فريدة خاصة لكل فرد وقد سجلت في مستودع ذخيرة من البروتينات التي نسميها بالأجسام المضادة - توجد عشيرة واحدة من الأجسام المضادة لكل جرثومة مرض (pathogen) (كائن دقيق مسبب للمرض)، وقد حيكّت بدقة بواسطة "الخبرة" السابقة مع البروتينات التي تميز جرثومة المرض. أصابني مرض الحصبة والحديري مثل الكثيرين من الأطفال في جيلي. "يتذكر" جسمي هذه "الخبرة"، وقد تجسدت الذكريات في بروتينات الأجسام المضادة، مصاحبة لباقي قاعدة البيانات الشخصية الخاصة بي عن الغزاة الذين سبق التغلب عليهم. لحسن الحظ أتى لم أصب قط بشلل الأطفال، على أن علم الطب قد ابتكر ببراعة تكنيك اللقاحات الذي يزرع ذكريات كاذبة لأمراض لم يعان منها الجسم قط. لن أصاب أبداً بشلل الأطفال؛ لأن جسمي "يظن" أنه قد أصيب به في الماضي، وقد جُهزت قاعدة بيانات جهاز المناعة عندي بالأجسام المضادة الملائمة، وتم "خداعها" لتصنع هذه الأجسام المضادة بأن حَقَن الجسم بنسخة غير مؤذية من الفيروس. مما يفتن اللاب، ما بينته أبحاث شتى علماء الطب الحاصلين على جائزة نوبل، من أن قاعدة بيانات الجهاز المناعي قد بُنيت هي نفسها بواسطة عملية شبه داروينية من التغيرات العشوائية والانتخاب اللا عشوائي.

إلا أن الانتخاب اللاعشوائى في هذه الحالة لا يكون اختياراً للأجسام من أجل قدرتها على البقاء، وإنما هو اختيار للبروتينات "دخل" الجسم من أجل قدرتها على أن تعلف البروتينات الغازية أو إبطال مفعولها بطرق أخرى.

الذاكرة الثالثة هي تلك التى تفكر فيها عادة عندما نستخدم كلمة الذاكرة: الذاكرة التى تقع في الجهاز العصبى. تستخدم أمخاخنا ميكانيزمات لم يفهمها لأن فهمها كاملاً، وذلك للاحتفاظ بمخزون للخبرات السابقة في موازاة "ذاكرة" الأجسام المضادة للأمراض السابقة و"ذاكرة" D N A لوفيات ونجاحات السلف (وهذه يمكن أن نعتبرها ذاكرة D N A). للذاكرة الثالثة في أبسط أشكالها تعمل عن طريق عملية من التجربة والخطأ يمكن أن نعدّها وكأنها مثل قياسى آخر للانتخاب الطبيعى. عندما يبحث حيوان عن الطعام فإنه قد "يحاول" القيام بأفعال شتى. هذه المرحلة من التجريب، وإن لم تكن عشوائية بالمعنى الجازم للكلمة إلا أنها مثل قياسى معقول للطفر الجينى. وجه التماثل بالقياس مع الانتخاب الطبيعى هو في "التعزيز"، أى نظام المكافآت (التعزيز الإيجابى) والعقوبات (أى التعزيز السلبى). إجراء فعل مثل تقليب أوراق الشجر للمينة (تجربة) ينتج عنه في النهاية العثور على يرقات خنافس ودوية حمار قبان تختبئ تحت الأوراق (مكافأة). لدى الجهاز العصبى قاعدة تقول: أى فعل تجريبى تتبعه مكافأة، ينبغى أن يُكرّر. أى فعل تجريبى يعقبه لا شيء، أو الأسوأ من ذلك أن يعقبه عقاب، كالألم مثلاً، هو فعل ينبغى ألا يُكرّر.

إلا أن ذاكرة المخ تذهب إلى مدى أبعد كثيراً من هذه العملية شبه الداروينية التى تؤدى إلى أن تبقى عشوائياً في مستودع النخيرة على الأفعال التى تنال المكافأة، وتتخلص من الأفعال التى تنال العقاب. ذاكرة المخ (ولا حاجة بنا هنا لأن نضع أقواس التنصيص لأن ذاكرة المخ هي المعنى الأساسى للكلمة) تكون، على

الأقل في حالة الأمخاخ البشرية بالغة السعة والحيوية معا. فهي تحوى مشاهد تفصيلية، تتمثل في صور داخلية نتيجة تصورات لكل الحواس الخمس. فهي تحوى قوائم من الوجوه، والأماكن، والنفقات، والعادات الاجتماعية، والقواعد، والكلمات. وأنت تتركها جيدا من داخلك، وهكذا لا حاجة بي لأن أبذل الكلمات في استدعائها، فيما عدا أن أذكر ملاحظة عن حقيقة ملحوظة وهي أن معجم للكلمات التى في متناول يدي عند الكتابة، هي وقاموس الكلمات التى في متناول يدك عند القراءة، والذين يمثانان أو على الأقل يتطابقان إلى حد كبير، كلاهما يقبع في قاعدة البيانات العصبونية الشاسعة في مصاحبة للجهاز النحوى الذى يركب الكلمات في جمل ويفك شفرتها.

بالإضافة لذلك، فإن الذاكرة الثالثة، الذاكرة التى في المخ، قد أفرحت ذاكرة رابعة، قاعدة البيانات في مخى تحوى ما هو أكثر من مجرد سجل للأحداث والأحاسيس في حياتى الشخصية - على الرغم من أن هذا كان هو ما يحدث عند تطور المخ أصلا. يحتوى مخنا على ذكريات جماعية تورث من الأجيال السابقة عن غير الطريق الوراثى، فهي يتم تسليمها شفاها بالكلام، أو في الكتب، أو حاليا بالإنترنت. العالم الذى نعيش فيه أنا وأنت هو أغنى إلى حد كبير بسبب أولئك الذين رحلوا من قبلنا ونقشوا آثارهم فوق قاعدة بيانات الثقافة البشرية: نيوتن وماركوبى، شكسبير وشتاينبك، باخ والخنافس، ستيفنسون وإخوان رايت، جبر وسولك كورى وأينشتين، فون نيومان وبرنرز-لى^(*). ثم هناك بالطبع داروين.

الذاكرات الأربع كلها هي جزء أو مظاهر من بنية فوقية شاسعة لجهاز للبقاء تم بناؤه أصلا وأساسا بواسطة العملية الداروينية للبقاء اللاعشوائى لـ DNA.

(*) أسماء لكبار العلماء والأدباء والموسيقين والمخترعين في الحضارة الغربية. (المترجم)

في أشكال قليلة أو شكل واحد

كان داروين محقا في التحفظ في آرائه، أما الآن فنحن واثقون إلى حد كبير من أن كل الكائنات الحية فوق هذا الكوكب تتحدر كسلسلة من سلف واحد. لدينا الدليل الذي رأيناه في الفصل العاشر، وهو أن الشجرة الوراثية شاملة، تتطابق كلها عبر الحيوانات، والنباتات، والفطريات، والبكتيريا، والأكريات، والفيروسات. هناك قاموس من ٦٤ كلمة، ويتم بواسطته ترجمة كلمات DNA ذات الحروف الثلاثة إلى عشرين حمضا أمينيا، وعلامة ترقيم، واحدة تعني "ابدأ القراءة هنا" أو "توقف عن القراءة هنا"، وهذا القاموس بكلماته الأربع والستين موجود هو نفسه أينما نظرت إلى ممالك الأحياء (فيما عدا استثناء واحدا أو اثنين هما أقل أهمية من أن يقوضا التعميم). إذا قلنا مثلا أنه قد تم اكتشاف ميكروبات غريبة شاذة اسمها "الطائشات"، "harumscaryotes"، لا تستخدم دنا مطلقا، أو لا تستخدم البروتينات، أو أنها تستخدم البروتينات ولكنها تحيكها معا من مجموعة من الأحماض الأمينية تختلف عن مجموعة الأحماض العشرين المألوفة، أو أنها تستخدم دنا ولكنه هنا ليس بشجرة ثلاثية، أو أنها شجرة ثلاثية ولكنها ليست بالقاموس نفسه ذي الكلمات الأربع والستين - لو أنه تم الإيفاء بأى من هذه الشروط، لربما أمكننا أن نطرح أن الحياة انتبقت أصولها مرتين: مرة من أجل "الطائشات" ومرة أخرى لسائر الحياة. على الرغم من كل ما كان داروين يعرفه - بل وما كان كل فرد يعرفه قبل اكتشاف DNA - إلا أنه ربما كان هناك بعض كانتات موجودة لها الخواص التي أضفيتها على "الطائشات"، وفي هذه الحالة فإن عبارته "في أشكال قليلة" يمكن تبريرها.

هل من الممكن أن أصلين اثنين مستقلين للحياة قد استطاعا معا أن يفعا على نفس شجرة الكلمات الأربع والستين؟ هذا من غير المرجح لأقصى حد. حتى يكون

ذلك معقولا، لا بد وأن يكون للشفرة الموجودة حاليا مزايا قوية تفوق الشفرات البديلة، ويجب عندها أن يوجد تصاعد تدريجي من أوجه التحسن يتجه لهذه الشفرة، سلم تدريجي يتسلقه الانتخاب الطبيعي. كلا هذين الشرطين هما من غير المحتمل. طرح فرنسيس كريك مبكرا أن الشفرة الوراثية هي "صدفة متجمدة" ما إن تستقر في مكانها حتى يصعب أو يستحيل تغييرها. الاستدلال على ذلك أمر يثير الاهتمام. أى طفرة في الشفرة الوراثية نفسها (ما يقابل الطفرات في الجينات التى تشفر لها) سيكون له في التو تأثير كارثي، ليس فحسب في مكان واحد، وإنما من خلال الكائن الحى كله. لو أن أى كلمة من كلمات القاموس الأربع والستين قد غيرت من معناها، بحيث تصل إلى أن تعين حمضا أمينيا مختلفا، فإن كل بروتين تقريبا في الجسم سوف يتغير في التو، وربما يكون ذلك في أماكن كثيرة على مدى طوله. الطفرة العادية ربما تؤدي مثلا إلى أن تطيل هونا من ساق، أو إلى أن يصبح أحد الأجنحة أقصر أو أن تزيد لون العين قتامة، ولكن التغير في الشفرة الوراثية يختلف عما سبق في أنه يغير كل شيء في التو في الجسم كله، وهذا يؤدي إلى ظهور كارثة. يطرح المنظرون المختلفون اقتراحات بارعة عن الطرائق الخاصة التى قد تتطور بها الشفرة الوراثية: طرائق قد يحدث فيها، كما يُستشهد به من إحدى أوراق بحثهم، أن "ينوب" تلج الصدفة المتجمدة. مع ما في هذا كله من إثارة للاهتمام، إلا أننى أعتقد أن من المؤكد تماما أن كل كائن حى فُحصت شفرته الوراثية إنما هو كائن منحدر كسلالة من سلف مشترك واحد. مهما كان ما يبدو من إتقان أو اختلاف في البرامج العالية المستوى التى توضع في الأساس من أشكال الحياة المختلفة، فهى كلها في أساسها مكتوبة بلغة الماكينة نفسها.

لا يمكننا بالطبع أن نستبعد إمكان أن تكون هناك لغات ماكينة أخرى قد شأت في كائنات أخرى هي الآن منقرضة - المرادف لميكروباتى الطائشة. أبدى عالم الفيزياء بول دافيز نقطة مهمة، وهى أننا بالفعل ننظر بدقة صارمة لنرى إن

كانت توحد أى ميكروبات طائشة (وهو بالطبع لم يستخدم هذه الكلمة) وأنها لم تتفرض ولكنها لا تزال تترصد في بعض حصن ناء في كوكبنا. ودافيز يقر بأن هذا ليس بالأمر المرجح جدا، ولكنه يحتاج - بما يشبه نوعا حكاية الرجل الذى أخذ يبحث عن مفاتيحه تحت مصباح في الشارع بدلا من أن يبحث عنها حيث سقطت. فيقول دافيز أن من الأسهل والأرخص كثيرا أن نبحث هنا الأمر بأحكام فوق كوكبنا بدلا من أن نسافر لكواكب أخرى لنبحث هناك. في الوقت نفسه، لن أبالي عندما أسحل توقعاتى الشخصية بأن الأستاذ دافيز لن يجد أى شيء، وأن كل أشكال الحياة الموجودة فوق هذا للكوكب تستخدم شفرة الماكينة نفسها. وكلها تتحدّر كسلالة من سلف واحد.

"بينما كوكبنا هذا يظل يدور حسب

قانون الجاذبية الثابت "

ظللنا كشر متبهيّن للدورات التى تحكم حياتنا وذلك قبل أن نفهمها بزمان طويل. أوضح هذه الدورات هي دورة النهار/الليل. الأجرام التى تسبح في الفضاء، أو التى تدور حول أجرام أخرى حسب قانون للجاذبية، يكون لديها ميل طبيعى لأن تلتف حول محورها الخاص بها. هناك استثناءات لذلك ولكن كوكبنا ليس أحد هذه الاستثناءات. فترة دوران كوكبنا هي الآن أربع وعشرين ساعة (كان كوكبنا فيما مضى يلف بسرعة أكبر) ونحن بالطبع نخبر هذا الدوران عندما يأتى النهار ثم يتبعه الليل.

لما كنا نعيش فوق جرم كبير نسبيا، فإننا ننظر للجاذبية أساسا كقوة تحذب كل شيء تجاه مركز هذا الجرم، وهذا ما نخبره كتأجه "لأسفل". ولكن الحادية كما

فهمها نيوتن لأول مرة لها تأثير شامل، وهو أنها تبقى الأجرام في الكون كله في مدار شبه دائري حول أجرام أخرى. نحن نخبر هذا في الدورة السنوية للتصول أثناء دوران كوكبنا حول الشمس^(١). لما كان كوكبنا يلف على نفسه حول محور مائل بالنسبة لمحور الدوران حول الشمس، فإننا نخبر بسبب ذلك نهارة أطول وليلا أقصر أثناء نصف السنة التي يكون فيها محور نصف الكرة الذي يتفق أننا نعيش عليه سائلا تجاه الشمس، وهي الفترة التي تصل لذروتها في الصيف. نحن أيضا نخبر نهارة أقصر وليلا أطول أثناء النصف الآخر من السنة، وهي الفترة التي سميها عند ذروتها بالشتاء. أثناء الشتاء في نصف كرتنا، نجد أن أشعة الشمس عندما تسقط علينا، إن كانت ستعمل ذلك بأي حال، فإنها تفعله بزاوية أقل غورا. هذه الزاوية المائلة تنشر أشعة شمس شتوية هي بالمقارنة بما تعطيه الأشعة الممائلة في الصيف، أقل كثافة وتغطي مساحة أوسع. عندما يصل للطرف المتلفي عدد فوتونات أقل بالنسبة لكل بوصة مربعة فإنه يحس بزيادة في البرودة. الفوتونات الأقل بالنسبة لورقة الشجر الخضراء تعني تمثيلا ضوئيا أقل. النهار الأقصر والليل الأطول لهما للتأثير نفسه. حياتنا في الشتاء والصيف، وفي النهار والليل، محكمة بدورات هي تماما مثلما قال داروين - ومثلما قال سفر التكوين

(١) يملكني إحساس بذهول مرعب عندما أعود إلى استطلاع الرأي الموثق في الملحق (في نهاية الجزء الأول)، فأحس وكأنني أخمش موضع حكة أو أضغط على من مؤلم عندما يطرح هذا الاستطلاع أن ١٩% من الأفراد البريطانيين لا يعرفون ما تكونه السنة، ويعتقدون أن الأرض تدور حول الشمس مرة في كل شهر. بل حتى بين من يفهمون ما تكونه السنة، هناك نسبة منوبة أكبر لا يفهم أفرادها السبب في الفصول، مفترضين بتعصب غريب فيه شوفية لنصف الكرة الشمالي، أننا نكون على أقصى قرب للشمس في يونيو وعلى أقصى بعد منها في ديسمبر.

قبله: "ما دامت الأرض باقية، لن يتوقف أوان البنور والحصاد، والبرد والحر، والصيف والشتاء، والنهار والليل".

الجاذبية وسيط لدورات أخرى لها أيضا علاقة مهمة بالحياة، وإن كانت هذه الدورات أقل وضوحا. الأرض تختلف عن الكواكب الأخرى التي لديها أقمار تابعة كثيرة، غالبا ما تكون صغيرة، أما الأرض فيتفق أن لديها تابعا واحدا كبيرا، نسميه القمر. القمر كبير بما يكفي لأن يمارس تأثيرا جديداً له قدره ناتج عنه هو ذاته. نحن نخبر هذا أساسا في دروة المد والجزر: ليس فقط في الدورات السريعة نسبيا التي تأتي كمد وجزر في كل يوم، وإنما أيضا في الدورات الشهرية الأطأ في الربيع وعند المحاق، والتي تنتج عن التفاعل بين تأثير الشمس الجذبى وتأثير القمر في دورانه الشهرى. هذه الدورات من المد والجزر لها أهمية خاصة للكائنات البحرية والساحلية، وكثيرا ما تسأل الناس على نحو معقول عما إذا كان هناك ضرب من ذاكرة نوعية "species" لأسلافنا البحرية لا تزال باقية في دوراتنا التكاثرية الشهرية. قد يكون هذا أمرا بعيد الاحتمال، إلا أن هناك هذا النوع من التأمل المثير عندما نفكر في الطريقة التي ستختلف بها حياتنا لو لم يكن لدينا قمر يدور حولنا. بل هناك حتى من يطرح، ما أرى مرة أخرى أنه طرح معقول، أن الحياة بدون القمر تكون مستحيلة.

ماذا لو أن كوكبنا لم يكن يلف حول محوره؟ لو أن الأرض أبقت أحد وجهيها وهو يتجه دائما إلى الشمس، كما يفعل القمر تجاهنا، فإن نصف الأرض الذى له نهار دائم سيكون جحيما حارقا، في حين أن النصف الذى له ليل دائم سيكون باردا بما لا يمكن تحمله. هل يمكن أن تبقى الحياة موجودة في المنطقة الحلفية فيما بينهما حيث ضوء الشفق، أو هل ربما ستوجد الحياة مدفونة عميقا في الأرض؟ أنا أشك في أن تنشأ الحياة أصلا في ظروف غير مواتية كهذه، ولكن لو

أن الأرض سيقبل تدريجيا لفها على محورها حتى تتوقف، سيكون هناك هكذا وقتا كافيا لأن يحدث تكيف، وليس من غير المعقول أن تتجح كائنات في الوجود، نكون على الأقل بعض نوع من البكتريا.

ماذا لو أن الأرض كانت تلف على نفسها ولكن حول محور غير مائل؟ لا أظن أن هذا سيجعل، وجود الحياة أمرا مستبعدا. لن تكون هناك دورة صيف / شتاء. ستكون ظروف فصل الصيف والشتاء دالة على خط العرض والارتفاع وليس على الزمن. سيكون الشتاء فصلا دائما تخبره الكائنات التي تعيش على مقربة لأى من القطبين، أو عاليا في الجبال. لست أرى سببا لأن يجعل ذلك وجود الحياة أمرا مستبعدا، إلا أن الحياة من غير فصول ستكون أقل إثارة للاهتمام. لن يكون هناك حافز للهجرة، أو للتزاوج عند وقت معين من السنة بدلا من أى وقت آخر، أو لتساقط أوراق الشجر، أو لطرح الريش أو الإهاب، أو للبيات الشتوى.

أما لو كان الكوكب لا يدور مطلقا حول نجم، فإن الحياة ستكون مستحيلة بالكامل. البديل الوحيد للدوران حول نجم هو الانتفاخ خلال الفراغ - المظلم، في حرارة تقرب من الصفر المطلق، ويكون الكوكب وحيدا وبعيدا عن مصدر الطاقة الذى يمكن الحياة من أن تتسبب في قطرات لأعلى التيار، ويكون ذلك مؤقتا وموضعا، ضد سيل الديناميكا الحرارية الجارف. عبارة داروين "يظل يدور حسب قانون الحادبية الثابت" هي أكثر من مجرد وسيلة شاعرية للتعبير عن مرور وقت يمتد بتواصل لا ينقطع على نحو لا يمكن تخيله.

الطريقة الوحيدة لأن يستطيع أحد الأجرام أن يظل بعيدا بمسافة ثابتة بسييا عن مصدر للطاقة هي أن يكون في مدار حول أحد النجوم. هناك في الحيز المجاور لأى نجم - وشمسنا مثل نموذجي لذلك - منطقة محددة معمورة بالحرارة

والصوء، وفيها يكون تطور الحياة أمرا ممكنا. مع التحرك في الفضاء بعيدا عن النجم، تتضاءل سريعا هذه المنطقة الصالحة للإيواء، ويكون ذلك حسب قانون التربيع العكسي الشهير. يعنى هذا أن الضوء والحرارة عندما يتناقصان لا يكون ذلك في تناسب مباشر مع مسافة البعد عن النجم، وإنما يتناسب مع مربع هذه المسافة. من السهل إدراك السبب في أن الأمر لا بد وأن يكون هكذا. دعنا نتخيل كرات متحدة المركز يتزايد نصف قطرها ويكون مركزها عند أحد النجوم. الطاقة التى تشع للخارج من النجم سوف تسقط فوق الداخل من إحدى الدوائر و"تتشارك" فيها بالتساوى كل بوصة مربعة من المساحة الداخلية للكرة. مساحة سطح الكرة تتناسب مع مربع نصف القطر كما يعرف أى تلميذ^(١). وهكذا إذا كانت الكرة (أ) تبعد عن النجم بضعف مسافة بعد الكرة (ب)، فإن العدد نفسه من الفوتونات لا بد وأن يتم "التشارك" فيه عبر مساحة أكبر بأربعة أمثال. هذا هو السبب في أن عطارذ والزهرة، الكوكبين عند أقصى داخل منظومتنا الشمسية، تكون حرارتهما حارقة، في حين أن الكواكب الخارجية، مثل نبتوت ويورانوس، تكون باردة ومظلمة، وإن لم تكن في مثل برودة وظلام الفضاء العميق.

ينص القانون الثانى لديناميكا الحرارية على أنه وإن كانت الطاقة لا يمكن أن تُستحدث ولا أن تفتى، إلا أنها يمكنها أن تصبح - بل يجب في المنظومة المغلفة أن تصبح - أقل قدرة على أداء الشغل المفيد: وهذا هو ما يعنيه القول بأن "الأنثروبيا" تزايد. يتضمن "الشغل" أمورا مثل ضخ الماء لأعلى - أو ما يردف ذلك كيميائيا، وهو استخلاص الكربون من ثانى أكسيد الكربون ثم استخدامه في أنسجة النبات. كما سبق إيضاحه في الفصل الثانى عشر، لا يمكن التوصل لهذين الإنجازين الفذين إلا إذا غُذيت المنظومة بطاقة تدخلها، كأن تكون مثلا طاقة

(١) كما يعرف أى تلميذ ويستطيع إثباته بالهندسة الإقليدية.

كهربائية لدفع مضخة للمياه، أو طاقة شمسية لدفع عملية تركيب السكر والنشا في نبات أخضر. ما إن يتم ضخ الماء إلى قمة التل، فإنه عثدا سينحو إلى أن ينساب أسفل التل، ويمكن استخدام بعض طاقة تدفقه لأسفل لتدفع ساقية مياه، تستطيع هكذا أن تولد الكهرباء، التي تستطيع بدورها أن تدفع محركا كهربائيا لأن يضخ بعض الماء ثانية لأعلى التل: ولكنه يدفع فحسب بعضا من الماء ! سوف يُفقد دائما بعض من الطاقة - ولكنها لا تفتى قط. هكذا فإن من المستحيل وجود ماكينات حركة مستمرة لا تتقطع (وهذه عبارة لا نستطيع أن نطل نقولها على نحو دوجماتيكي لأكثر مما ينبغي).

يحدث في كيمياء الحياة أن يُستخلص الكربون من الهواء بواسطة تفاعلات كيميائية في النباتات مدفوعة بالشمس تجاه "أعلى التل". وهذا الكربون يمكن حرقه في النباتات لإطلاق بعض من الطاقة. نحن نستطيع أن نحرق الكربون بالمعنى الحرفي للكلمة وهو في شكل فحم، ويمكنك أن تفكر فيه هكذا على أنه طاقة شمسية محتزنة؛ لأنه قد تم وضعه هناك بواسطة الألواح الشمسية لنباتات ماتت من زمن طويل في العصر الكربوناتي وغيره من الأزمنة السابقة. أو أن الطاقة قد تنطلق بطريقة محكمة بأكثر مما في الاحتراق الفعلي. مركبات الكربون المصنوعة بالشمس "تحترق ببطء" داخل الخلايا الحية، سواء خلايا النباتات أو الحيوانات التي تأكل النباتات، أو خلايا الحيوانات التي تأكل الحيوانات التي تأكل النباتات (الخ.). بدلا من أن تتعجز تلك المركبات في لهب بالمعنى الحرفي للكلمة، فإنها تعطي طاقتها وهي تقطر مناسبة برقة بحيث يمكن استخدامها لتعمل بطريقة محكمة لتدفع "لأعلى" بالتفاعلات الكيميائية. من المحتم أن بعضا من هذه الطاقة سيفقد كحرارة - وإلا فإنه لو لم يحدث هذا لأصبح لدينا ماكينة حركة دائمة، وهذا أمر مستحيل (ولا داعي لأن نردد ذلك كثيرا).

كل طاقة الكون تقريبا يحدث لها أن تتحدر باطراد من أشكال قادرة على أداء الشغل إلى أشكال غير قادرة على أدائه. هناك تسوية للمستويات في اتجاه فيه استقرار، وتمازج سوف يستمران حتى يحدث أن يستقر الكون كله في النهاية في حالة من "حرارة الموت" المتسقة، حالة بلا أحداث (بالمعنى الحرفي للكلمة). إلا أنه أثناء اندفاع الكون منحدرًا لأسفل تجاه حالة حرارة الموت المحتمومة، يكون هناك مجال لأن تقوم كميات صغيرة من الطاقة بدفع منظومات صغيرة محلية في الاتجاه المضاد. تُرفع مياه البحر إلى السماء كسحب، لا تثبت لاحقًا أن تسقط مياهها فوق قمم الجبال، لتتحد منها لأسفل في جداول وأنهار، تستطيع أن تدفع سواقي المياه أو محطات القوى الكهربائية. الطاقة التي ترفع المياه (والتي بالتالي تدفع التوربينات في محطات القوى) تأتي من الشمس. ليس في هذا انتهاك للقانون الثاني؛ لأن هناك تغذية مستمرة بالطاقة الآتية من الشمس. تفعل طاقة الشمس شيئًا مشابهًا لذلك في أوراق النبات الخضراء، فتدفع التفاعلات الكيميائية محليًا "لأعلى" لتصنع السكر والنشا والسليلوز وأنسجة النبات. يموت النبات في النهاية، أو أنه يؤكل أولاً بواسطة الحيوانات. تكون هناك فرصة لطاقة الشمس المحتبسة لأن تتساق برفقة حلال تسلسل لمنحدرات عديدة، وخلال سلسلة طعام طويلة معقدة تصل إلى ذروتها في التعطن البكتيري أو الفطري للنباتات أو الحيوانات التي تطيل من سلسلة الطعام. أو أن هذه الطاقة قد يُحتجز بعضها تحت الأرض، ويكون ذلك أولاً في شكل حث^(*) ثم بعدها في شكل فحم. إلا أن النزعة العامة للاتجاه لحالة حرارة الموت النهائية لا تتعكس أبدًا. يحدث في كل حلقة من سلسلة الطعام، ومر خلال كل فطرة تتساق لأسفل سلسلة المنحدرات داخل كل خلية، أن بعضًا من الطاقة ينحدر إلى حالة من عدم الفائدة. ماكينات الحركة الدائمة أمر... حسن، يكفي

(*) الحث نسيج نباتي نصف متقدم يتكون بتحلل النبات جزئيًا بالماء. (المترجم)

ما سبق تكرار قوله، ولكنى "لن" أعتر عن الاستمهاد بالمقولة الرائعة للسير أرثر إدينجتون^(*) عن هذا الموضوع، والتي استشهدت بها مرة على الأقل في أحد كتبي السابقة:

"إذا أشار عليك أحدهم بأن نظريتك المفضلة عن الكون لا تتفق مع معادلات ماكسويل - فإن هذا يسعى بأكثر إلى معادلات ماكسويل. إذا وُجد أن هناك ملاحظات تناقض هذه المعادلات - حسن، فإن هؤلاء التجريبيين يحدث أحيانا أنهم لا يتقنون بالفعل ما يصنعون. أما إذا وُجد أن نظريتك تتعارض مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية، فلن أستطيع أن أثبت فيك أى أمل؛ ليس ما يمكن فعله إزاء ذلك إلا الانهيار إلى "عمق اللذل".

عندما يقول التكوينيون، كما يقولون كثيرا بالفعل، أن نظرية التطور تتناقض مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية، فإنهم بذلك لا يقولون لنا شيئا أكثر من أنهم لا يفهمون القانون الثانى (نحن نعرف من قبل أنهم لا يفهمون التطور). ليس هناك أى تناقض هنا، وذلك بسبب الشمس !

المنظومة كلها، سواء كنا نتحدث عن الحياة أو عن المياه التى ترتفع إلى السحب لتسقط ثانية، تعتمد في النهاية على الانسياب المطرد للطاقة من الشمس. طاقة الشمس لا تخالف أبدا قوانين الفيزياء والكيمياء - وهى بكل تأكيد لا تخالف أبدا القانون الثانى - وهى أثناء ذلك تمد للحياة بالقوة اللازمة لمداينة ومط قوانين

(*) سير أرثر ستانلى إدينجتون (١٨٨٢ - ١٩٤٤) عالم بريطانى مشهور في الفيزياء الفلكية.
(المترجم)

الفيرياء والكيمياء لتطوير منجزات فذة هائلة فيها تعقد، وتنوع، وحمال، وتوهم خارق بأن هناك إحصائيا عدم احتمال وتصميم عن قصد. يفرض هذا التوهم نفسه بقوة لدرجة أنه خدع أعظم عقولنا طيلة قرون، حتى أتى تشارلز داروين مندفعاً إلى مسرح الأحداث. الانتخاب الطبيعي مضخة لكل ما هو غير محتمل: عملية تولد ما هو غير محتمل إحصائياً. وهو على نحو منهجي يضع يده على تلك الأقلية من التغيرات العشوائية التي فيها ما يتطلبه البقاء في الوجود، ويراكمها خطوة فخطوة بالغة الصغر عبر آحاد زمنية لا يمكن تخيلها، حتى يتم في النهاية للتطور أن يتسلق جبال غير المحتمل والتنوع، ويصل إلى قمم يبدو أن ارتفاعها ومداها لا يعرفان أي حدود، قمم الجبل المجازي الذي أسميته "جبل غير المحتمل". مصحة الانتخاب الطبيعي لغير المحتمل، التي تدفع التعقد الحى لأعلى "جبل غير المحتمل"، هي نوع من مرادف إحصائي لطاقة الشمس التي ترفع الماء لقمة الجبل التقليدي^(١). الحياة لا تطور تعقداً عظيماً إلا لأن الانتخاب الطبيعي يدفعها محلياً بعيداً عما هو محتمل إحصائياً لنتج ما هو غير محتمل. وهذا لا يكون ممكناً إلا بسبب الإمداد بالطاقة الشمسية لإمداداً لا يتوقف.

"من بداية بسيطة للغاية"

نحن نعرف الشيء الكثير عن طريقة عمل التطور منذ بدايته الأولى، وما نعرفه أكثر كثيراً مما عرفه داروين. ولكن ما نعرفه لا يزيد عن داروين إلا قليلاً فيما يتعلق بالطريقة التي بدأ بها التطور في المقام الأول. يدور هذا الكتاب حول

(١) عندما أنشأ كلود شانون مقياسه "المعلوماتي" الذي يشكل هو نفسه مقياساً لعدم الاحتمال إحصائياً، لم يكن من باب المصادفة أن وقع شانون عندها على المعادلة الرياضية نفسها التي أنشأها لودنغ بولتزمان عن الإنتروپيا في القرن السابق.

الأدلة، وليس لدينا أدلة بشأن ذلك الحدث الخطير الذي بدأ به التطور فوق هذا الكوكب. هذا حدث يمكن أن يكون نادرا ندرة فائقة. حدث ليس له أن يقع إلا مرة واحدة، وهو في حدود ما نعرفه لم يقع في كوكبنا إلا مرة واحدة بالفعل. بل إن من الممكن حتى أنه قد وقع مرة واحدة فقط في الكون كله، وإن كنت أشك في ذلك. ثمة شيء واحد يمكننا أن نقوله، على أساس من محض المنطق وليس على أساس من الأدلة، وهو أن داروين كان معقولا عندما قال أنه "من بداية بسيطة للغاية". عكس البسيط هو ما يكون غير محتمل إحصائيا. الأشياء لا تثب تلقائيا إلى الوجود: هذا هو ما "يعنيه" غير المحتمل إحصائيا. يجب أن تكون البداية بسيطة، كما أن التطور بالانتخاب الطبيعي لا يزال هو العملية الوحيدة التي نعرفها حيث يمكن للبدايات البسيطة أن تؤدي إلى نتائج معقدة.

لم يناقش داروين طريقة بدء التطور في كتابه "عن أصل الأنواع". كان داروين يعتقد أن هذه المشكلة تتجاوز العلم في زمنه. يمضي داروين في خطابه إلى هوكر الذي استشهدت به فيما سبق فيقول، "إنه لمجرد هراء أن يفكر حاليا في أصل الحياة؛ يمكن للمرء عندها أن يفكر بمثل ذلك في أصل المادة". لم يستبعد داروين إمكان أن يتم في النهاية حل المشكلة (الحقيقة أن مشكلة أصل المادة قد تم حلها إلى حد كبير) ولكن هذا سيكون فقط في المستقبل البعيد: "سيكون هذا في بعض وقت يسبق رؤيتنا للبروتوبلازم اللزج، إلخ وهو يولد حيوانا حديثا".

أدخل فرنسيس داروين هامشا عند هذه النقطة في طبعته لخطابات والده لتخبرنا بأنه:

كتب أبي عن الموضوع نفسه في ١٨٧١: وكثيرا ما يقال أن كل الظروف اللازمة لأول إنتاج لكائن حي موجودة الآن، إن كان يمكن بأي حال أن توجد. ولكن "لو" كنا (وواها! يالها من "لو" كبيرة!) نستطيع أن نتصور أن هناك

بعض بركة صغيرة دافئة، يوجد فيها كل ما يلزم من الأمونيا والأملاح الفوسفورية، والضوء، والحرارة، والكهرباء، إلخ، وأنه قد تكونَ كيميائيا في هذه البركة مركب بروتيني جاهز لأن يخضع لتغيرات أكثر تعقيدا، فإن هذه المادة في وقتنا الحالي سيتم في التو التهامها أو امتصاصها، وما كان الحال ليكون هكذا قبل تكوين الكائنات الحية".

تشارلز داروين كان هنا يؤدى أمرين هما بالأحرى متميزان. فهو من ناحية يطرح تخمينه الوحيد عن الطريقة التي ربما نشأت بها الحياة أصلا (الفقرة الشهيرة عن "البركة الصغيرة الدافئة"). وهو من الجانب الآخر يحرر العلم وقتذاك من وهم الأمل في رؤية الحدث بأى حال وهو يتكرر أمام أعيننا. حتى لو "كانت الظروف لأول إنتاج لكائن حي" لا تزال موجودة، فإن أى إنتاج جديد كهذا "سيتم في التو التهامه أو امتصاصه" (لدينا الآن سبب قوى لأن نضيف لذلك أن هذا فيما يفترض سيكون بواسطة البكتريا).

كتب داروين هذا بعد سبع سنوات مما ذكره لويس باستير في محاضرة بالسوربون حين قال: "إن يفوق قط مبدأ التولد التلقائي من الضربة الممينة التي وجهت له بهذه التجربة البسيطة". كانت هذه التجربة البسيطة هي تجربة أوضح فيها باستير أن الحساء عندما يوضع في إناء مغلق بإحكام يمنع وصول الكائنات الدقيقة إليه، لا يفسد، وذلك عكس التوقعات الشائعة في ذلك الوقت.

أحيانا يستشهد التكوينيون بإثباتات عملية مثل هذه التجربة لباستير على أن فيها أدلة في صفهم. بجرى قياسهم المنطقي الزائف كالتالى: "التولد التلقائي لا يلاحظ الآن أبدا. وبالتالي فإن وجود أصل للحياة مستحيل". ملاحظة داروين التي أبداهها في ١٨٧١ كانت على وجه الدقة مخططة كرد لادع على هذا النوع من

اللامنطقية. من الواضح أن التولد التلقائي للحياة حدث نادر جدا، ولكنه مما لا بد وأن يكون قد حدث لمرة واحدة، وهذا يصدق سواء كنت تظن أن التولد التلقائي الأصلي كان حدثا طبيعيا أو فوق الطبيعي. مسألة مدى ما تكونه بالضبط ندرة حدث أصل الحياة مسألة تثير الاهتمام وسوف أعود إليها.

أول محاولات جديّة للتفكير في الطريقة التي ربما بدأت بها الحياة أصلا، هي محاولات أو بارين في روسيا ومحاولات هالدين (على نحو مستقل) في إنجلترا، وكلاهما بدأ بإنكار أن ظروف أول إنتاج للحياة لا تزال ياقية معنا. طرح أوبارين وهالدين أن الجو في الأزمنة المبكرة سيكون مختلفا جدا عنه حاليا. وعلى وجه الخصوص لن يكون هناك أوكسجين حر، وبالتالي فإن هذا الجو كان كما يسميه الكيميائيون بطريقة غامضة، جوا "مختزلا". نحن نعرف الآن أن كل الأوكسجين الحر الموجود في الجو هو نتاج الحياة، وخاصة النباتات - ومن الواضح أنه ليس جزءا من الظروف السالفة التي نشأت فيها الحياة. تدفق الأوكسجين إلى الجو كمادة ملوثة، بل حتى كسم، إلى أن شكل الانتخاب الطبيعي أشياء حية تزدهر على هذه المادة، بل أنها في الحقيقة تختنق بدونها. الجو "المختزل" ألهم بأشهر هجوم بالتجارب على مشكلة أصل الحياة، وذلك بما يسمى قارورة ستانلي ميلر المملوءة بمكونات بسيطة، تزيد بفقااعات وتبرق بشرارات لمدة أسبوع واحد فقط، أنتجت بعده أحماضا أمينية وبعض بشارير أخرى للحياة.

كثيرا ما يحدث حاليا أن تُرفض "بركة داروين الصغيرة الدافئة"، هي وشراب الساحرة للمخمر الذي ألهمت ميلر بأن يمزجه، ويكون رفضهما هكذا تمهيدا لتقديم بعض بديل مفضل. الحقيقة أنه لا توجد فكرة تحظى بموافقة جماعية غالبة بقوة. طُرحت أفكار عديدة فيها ما يعد، إلا أنه لا توجد أدلة حاسمة تدل على أي منها على نحو بين. أُنشئت في كتب سابقة لى اهتمامى بإمكانات مختلفة مثيرة

للاهتمام، بما في ذلك نظرية جراهام كيرنز- سميث عن بلورات الطفل اللاعصوبة، وكذلك للرأى السائد في وقت أحدث بأن الظروف التي نشأت فيها الحياة لأول مرة كانت شبيهة بالمأوى البيئي البالغ السخونة لما يوجد حالياً من "محبى الحرارة" من البكتريا والأكريات، والتي يزدهر بعضها وتتكاثر في الينابيع الحارة التي تغلى بالمعنى الحرفي للكلمة. تتجه الآن الأغلبية من البيولوجيين إلى "نظرية ربا عن العالم"، وذلك لسبب أجد أنه مقنع تماماً.

ليس لدينا أى دليل عما تكونه أول خطوة لصنع الحياة، ولكننا نعرف بالفعل أى "توع" من الخطوات يجب أن تكونه. فهم يجب أن تتكون من أى مما يلزم حتى يجعل الانتخاب الطبيعي يبدأ العمل. قبل هذه الخطوة الأولى سيكون من المستحيل إيجاز تلك الضروب من التحسين التي لا يستطيع أن ينجزها إلا الانتخاب الطبيعي وحده. يعنى هذا أن الخطوة المفتاح كانت تنشأ بواسطة بعض عملية لكيان ناسخ للذات لا تزال غير معروفة لنا. النسخ الذاتي يفرخ عشيرة من الكيانات يتنافس أحدها مع الآخر في أن يتناسخ. حيث أنه لا توجد علمية نسخ كامل الانتقال، فإن العشيرة ستنتهى حتماً إلى أن تحوى تغيراً، وعندما توجد متغيرات في عشيرة من الناسخات فإن من يمتلك منها ما يلزم للنجاح سوف يتوصل إلى الهيمنة. هذا هو الانتخاب الطبيعي، ولا يمكن له أن يبدأ حتى يأتى إلى الوجود أول كيان ناسخ للذات.

يضمن داروين في الفقرة التي ذكر فيها "البركة الصغيرة الدافئة" أن الحدث المفتاح في أصل الحياة قد يكون بالنشأة التلقائية للبروتين، ولكن هذا يثبت في النهاية أنه أقل وعدا مما كانت عليه معظم أفكار داروين. ليس معنى هذا أن نكر أن للبروتينات أهمية حيوية للحياة. رأينا في الفصل الثامن أن البروتينات لها خاصية مميزة جداً بأن تلتف على نفسها لتشكل أجساماً ثلاثية الأبعاد، بتحدد شكلها

بالضبط بالتتابع ذى البعد الواحد لمكوناتها من الأحماض الأمينية. رأينا أيضا أن الشكل نفسه بالضبط يضاف على البروتينات القدرة على حفز التفاعلات الكيميائية بقدر كبير من التخصص، فزيد من سرعة تفاعلات معينة بما قد يصل إلى ترليون مثل. تخصص الإنزيمات بجعل الكيمياء البيولوجية أمرا ممكنا، ويبدو أن البروتينات لها مرونة لا نهائية تقريبا من حيث مدى الأشكال التى تستطيع ان تتخذها. هذا إذن ما نتقنه البروتينات. وهى حقا تتقن ذلك جدا جدا، وكان داروين محقا تماما في أن ينوه بأمرها. إلا أن هناك شيئا تسيء البروتينات تماما أدائه، وقد فات داروين الانتباه لذلك. من الميؤس منه تماما أن تتناسخ البروتينات. فهى لا تستطيع أن تصنع نسخا لذاتها. يعنى هذا أن الخطوة للمفتاح في أصل الحياة لا يمكن أن تكون عن طريق للنشأة التلقائية للبروتين. ماذا كانت إذن هذه الخطوة؟

أفضل ما نعرف كجزء ناسخ لذاته هو DNA. سنجد في اشكال الحياة المتقدمة المألوفة لنا، أن دنا والبروتينات يتكاملان على نحو بارع. جزيئات البروتين إنزيمات رائعة ولكنها نسخات فاشلة. DNA عكس ذلك تماما. DNA لا يلتف في أشكال ثلاثية الأبعاد، وبالتالي لا يعمل كإنزيم. وهو بدلا من أن يلتف، يظل محتفظا بشكله المفتوح الخطى، وهذا هو ما يجعله مثاليا في دوره معا، دوره كناسخ، ودوره كمحدد لتتابعات الأحماض الأمينية. أما جزيئات البروتين فتلتف في أشكال "مغلقة" وهذا بالضبط هو السبب في أنها "لا تكشف" عن معلومات تتابعاتها بالطريقة التى يمكن معها نسخها أو "قراءتها". معلومات التتابع مدفونة داخل البروتين الملفوف بحيث لا يمكن التوصل إليها. أما في سلسلة DNA الطويلة فإن معلومات التتابع مكشوفة ومن المتاح أن تقوم بدور قالب الصب.

المأرق الحرج بالنسبة لأصل الحياة هو التالي. DNA يستطيع أن يتناسخ، ولكنه يحتاج إلى إنزيمات لتحفز هذه العملية. البروتينات تستطيع أن تحفز تكوين DNA ، ولكنها تحتاج لـ DNA ليحدد التتابع الصحيح للأحماض الأمينية. كيف استطاعت الجزيئات في كوكب الأرض المبكر أن تكسر هذا القيد وتتيح للانتخاب الطبيعي أن يبدأ عمله؟ هنا يدخل DNA إلى المشهد.

ينتمي رنا مثل DNA ، إلى العائلة نفسها من الجزيئات المتسلسلة، التي تسمى بالنيوكلويدات المتعددة. DNA قادر على حمل ما يصل إلى أن يكون نفس "حروف" الشفرة الأربعة مثل DNA ، وهو حقا يفعل ذلك داخل الخلايا الحية، فيحمل المعلومات الوراثية من DNA إلى الموضع الذي يمكن فيه الاستفادة بها. DNA يعمل كقالب صب لبناء تتابعات شفرة DNA. وبعدها يتم بناء تتابعات البروتين باستخدام DNA كقالب صب لها وليس DNA. بعض الفيروسات ليس لديها مطلقا أي DNA. وهذه يكون DNA هو الجزيء الوراثي لها، والمسئول لوحده عن نقل المعلومات الوراثية من جيل للآخر.

والآن هيا بنا إلى النقطة المفتاح في نظرية عالم DNA * عن أصل الحياة. بالإضافة إلى قدرة DNA على أن يمتد في شكل ملائم لأن يمرر المعلومات عن التتابعات، فإن له أيضا القدرة على تجميع ذاته، مثل قلابتنا المغناطيسية في الفصل الثامن، فيتجمع في أشكال ثلاثية الأبعاد لها نشاط إنزيمي. إنزيمات DNA لها وجودها بالفعل. وهي ليست بكفاءة الإنزيمات البروتينية ولكنها تعمل بنجاح بالفعل. تطرح نظرية عالم DNA أن DNA كان كإنزيم له القدرة الكافية للحفاظ على المهمة حتى تطورت البروتينات لتتولى دور الإنزيمات، كما أن DNA كان له القدرة الكافية أيضا كناسخ ظل يعمل متخططا في هذا الدور حتى تم تطور DNA.

أحد أن نظرية عالم رنا معقولة، وأعتقد أن من المرجح إلى حد كبير أن يصل الكيميائيون خلال العقود القليلة التالية إلى أن يحاكوها في المعمل إعادة بناء كاملة للأحداث التي أدت إلى انطلاق الانتخاب الطبيعي في طريقه الخطير منذ أربعة بلايين سنة. تم بالفعل بهذا الصدد اتخاذ خطوات رائعة في الاتجاه الصحيح.

على أنى قبل أن أترك هذا الموضوع، لا بد لي من أن أكرر التحذير الذي نبهت إليه في كتب سابقة لي. نحن لا نحتاج بالفعل إلى نظرية معقولة عن أصل الحياة، بل إننا حتى قد نحس بشيء من القلق لو تم اكتشاف نظرية معقولة بأكثر مما يجب! تنشأ هذه المفارقة الفاضحة عن السؤال المشهور "أين كل هؤلاء؟" وهو السؤال الذي طرحه الفيزيائي إنريكو فيرمي^(*). على الرغم من أن سؤاله يبدو ملغرا، إلا أن رفاق فيرمي من الزملاء الفيزيائيين في معمل لوس ألاموس كان فيهم ترددات ضبُطت بالطريقة الكافية لأن يدركوا بالضبط ما يعنيه فيرمي. لماذا لم تتم زيارتنا بكانتات حية من مكان آخر من الكون؟ وحتى إذا لم تتم الزيارة على نحو شخصي، إلا أن الزيارة يمكن على الأقل أن تتم بواسطة إشارات الراديو (وهذا هو الأكثر احتمالا إلى حد كبير).

من الممكن الآن تقدير أن هناك ما هو أكثر من بليون كوكب في محرتنا، وأن هناك ما يقرب من البليون مجرة. يعني هذا أنه على الرغم من أن من الممكن أن يكون كوكبنا هو الكوكب الوحيد في المجرة الذي توجد فيه حياة، إلا أنه حتى يصدق ذلك يحب أن يكون احتمال نشأة الحياة فوق أحد الكواكب احتمالا لا يزيد كثيرا عن الواحد في البليون. وبالتالي، فإن النظرية التي نسعى لها عن أصل الحياة فوق هذا الكوكب ينبغي حقيقة "ألا" تكون نظرية معقولة! لو كانت معقولة فإنه

(*) إنريكو فيرمي (١٩٠١ - ١٩٥٤) فيزيائي أمريكي من أصل إيطالي، ساعدت دراساته على صنع القنبلة الذرية. (المترجم)

ينبغي عندها أن تكون الحياة شائعة في المجرة. لعلها تكون شائعة، وفي هذه الحالة يكون ما نريده هو نظرية معقولة. إلا أننا ليس لدينا أى دليل على وجود حياة خارج هذا الكوكب، وبحق لنا هكذا في أقل القليل أن نقنع بنظرية غير معقولة. إذا أخذنا سؤال فيرمي مأخذا جديا، وفسرنا عدم وجود زيارات من خارج الأرض كدليل على أن الحياة نادرة لأقصى حد في المجرة، فإنه ينبغي علينا عندها أن نتحرك نحو اتجاه نتوقع فيه حقيقة أنه لا توجد نظرية معقولة عن أصل الحياة. قد طورت هذه المحااجة على نحو أكمل في كتابي "صانع الساعات الأعمى"، وسوف نتركها إذن لذلك للكتاب. ما أخمنه، وإن كان يمكن أن يكون تخمينا غير مهم، هو أن الحياة أمر نادر جدا، (وليس أكبر سبب لذلك هو وجود عناصر مجهولة بأكثر مما ينبغي)، إلا أن عدد الكواكب بالغ الكثرة (ولا زلنا نكتشف المزيد طول الوقت) بحيث أن من المحتمل أننا لسنا موجودين وحدنا، وربما يوجد في الكون الملايين من جزر الحياة. ومع ذلك، فحتى هذه الملايين من الجزر يمكن أن تكون متساعدة بمسافات كبيرة إلى حد بالغ بحيث لا تكاد توجد فرصة لأن تلتقى واحدة منها بالأخرى، حتى ولو بالراديو. على أنه بكل أسف، في مدى ما يختص بالنواحي العملية، قد نكون أيضا موجودين وحدنا.

"ظلت تتطور، ولا تزال تتطور، أشكال لا نهاية لها غاية في الجمال والروعة"

لست متأكدا مما كان يعنيه داروين بعبارة "لا نهاية لها". ربما تكون مجرد صيغة من المبالغة القصوى، استخدمها ليزيد من قوة "غاية في الجمال" و"غاية في الروعة". أتوقع أن يكون هذا جزءا مما أراده. ولكنى أود أن أعتقد أن داروين كان يعنى بعبارة "لا نهاية لها" شيئا أكثر دقة. عندما ننظر وراء في تاريخ الحياة، نرى صورة من إبداع للجديد لا ينتهى أبدا، ويتجدد شبابه دائما. الأفراد يموتون؛

تتفرض الأنواع، والعائلات، والرتب بل حتى الطوائف تتفرض أيضا. ولكن عملية التطور نفسها يبدو أنها لا تلبث أن تتماسك وتستأنف استعادة ازدهارها، بنشاط لا يتناقص، وبشباب لا يخمد، مع مرور العهود واحدا بعد الآخر.

اسمحوا لي أن أعود بإيجاز لنماذجي الكمبيوترية للانتخاب الاصطناعي التي وصفتها في الفصل الثاني (في الجزء الأول): "منتزه السفاري" لبيومورفات الكمبيوتر، بما في ذلك المفصلومورفات والمحارمورفات، والتي تبين الطريقة التي ربما تطورت بها المحاريات الرخوية بتنوعها الهائل. قدمت في ذلك الفصل هذه المخلوقات الكمبيوترية كصورة توضيحية للطريقة التي يعمل بها بنجاح الانتخاب الاصطناعي ومدى ماله من قوة عندما يتاح له العدد الكافي من الأحيال. أود الآن أن أستخدم هذه النماذج الكمبيوترية لغرض آخر.

يسيطر على انطباع لثناء تحديقي لشاشة الكمبيوتر وما يتولد من بيومورفات، سواء كانت ملونة أو سوداء، وعند استيلاء المفصلومورفات، هذا الانطباع هو أن هذا الأمر كله لن يكون أبدا مثارا للملل. هناك حس بغربة تتجدد الى ما لا نهاية. لا يبدو أبدا أن البرنامج سيناله "التعب"، ولا هو ينال اللاعب أيضا. في هذا ما يتباين مع برنامج "داركي" الذي وصفته باختصار في الفصل العاشر، ذلك البرنامج الذي تُشد فيه "الجينات" بطريقة رياضية عند إحداثيات صفحة مطاط افتراضية قد رسم عليها أحد الحيوانات. عند أداء الانتخاب الاصطناعي باستخدام برنامج داركي سيبدو أن اللاعب بمضى الوقت يبتعد لأكثر وأكثر من نقطة المرجعية التي يكون فيها للأشياء معنى، لينتهي إلى أرض ميدان ليس ملكا لأحد، وفيها تشويه للشكل وانعدام للصقل، وحيث يبدو أن المعنى يقل كلما نحركنا لمسافة أبعد من نقطة البداية. سبق لي أن أشرت لسبب ذلك. في برامج النومورفات والمفصلومورفات والمحارمورفات يكون لدينا مرادفات كمبيوترية

لعمليات إمبريولوجية - ثلاث عمليات إمبريولوجية مختلفة، كلها بطرائقها المختلفة معقولة بيولوجيا. برنامج داركي في تبليين مع ذلك، لا يحاكي الإمبريولوجيا مطلقا. وكما شرحت في الفصل العاشر، فإنه بدلا من ذلك يتناول التشوهات التي قد يتحول بها أحد الأشكال البالغة إلى شكل بالغ آخر. انعدام الإمبريولوجيا هكذا يحرم برنامج داركي من "خصوصية الابتكار" التي تعرضها البيومورفات، والمفصلمورفات والمحارمورفات. هذه للخصوصية الإبداعية نفسها تعرضها إمبريولوجيات الحياة الواقعية، وهذا هو الحد الأدنى كسبب لما يولده للتطور بين "أشكال لا نهاية لها غاية في الجمال والروعة". ولكن هل نستطيع الذهاب إلى مدى أبعد من هذا الحد الأدنى؟

في ١٩٨٩ كتبت ورقة بحث عنوانها "تطور القدرة على التطور" طرحت فيها أن الأمر لا يقتصر على أن الحيوانات مع مرور الأجيال تتحسن فيما يتعلق بالبقاء في الوجود؛ وإنما يحدث أيضا أن خطوط سلالة الحيوانات تتحسن في "فعل التطور". ماذا يعنى القول بأنها تتحسن في فعل التطور؟ ما هي أنواع الحيوانات التي تحسن التطور؟ فيما يبدو، فإن الحشرات فوق الأرض والقشريات في البحر تتحلى كأبطال في التنوع إلى آلاف الأنواع. وتقوم بتوزيع المواضع البيئية، وتغيير الأزياء عبر الزمان التطوري في حماس ومرح. الأسماك أيضا تظهر خصوصية تطويرية مذهلة، وكذلك الضفادع، وأيضا الثدييات والطيور المألوفة لنا وأكثر.

الأمر الذى طرحته في ورقة بحثي في ١٩٨٩، هو أن القدرة على التطور هي خاصية للإمبريولوجيات. الجينات تطفّر لتحدث تغييرا في جسم الحيوان، إلا أنها عليها أن تعمل من خلال عمليات التنامي الإمبريولوجي. بعض الإمبريولوجيات تكون أفضل من غيرها في أن تنمى عاليا مجالات مثمرة من التباين الوراثي حتى يعمل عليها الانتخاب الطبيعي، وبالتالي فإنها ربما تكون

أفضل في التطور. تبدو كلمة "ربما" هنا أضعف مما ينبغي. أليس من الواضح كل الوضوح تقريبا أن بعض الإمبريولوجيات هي بهذا المعنى "لا بد وأن تكون أفضل من غيرها في التطور؟ أعتقد ذلك. قد يبدو الأمر أقل وضوحا، ولكن مع ذلك أعتقد أن ثمة دعوى قوية يمكن لإقامتها هنا، وأنه ربما يكون هناك نوع من انتخاب طبيعي بمستوى أعلى يكون محبذا "لإمبريولوجيات القادرة على التطور". مع مرور الوقت تحسن الإمبريولوجيات من قدرتها على التطور. إذا كان هناك وجود لهذا النوع من "الانتخاب الأعلى في المستوى"، فإنه سيكون إلى حد ما مختلفا عن الانتخاب الطبيعي العادي، الذي يختار الأفراد لقدرتهم على تمرير الجينات بنجاح (أو بما يرادف ذلك، فإنه يختار الجينات لقدرتها على بناء أفراد ناجحين). هذا الانتخاب الأعلى في المستوى، الذي يحسن القدرة على التطور، سيكون من النوع الذي أسماه جورج س. ويليامز العالم الأمريكي العظيم في البيولوجيا التطورية بأنه "انتخاب الفرع، Clade selection". الفرع غصن من شجرة الحياة، مثل النوع أو الجنس، أو الرتبة، أو الطائفة. نستطيع القول بأنه قد وقع انتخاب لفرع عندما يحدث لفرع مثل الحشرات أن ينتشر، ويتنوع ويشيع أفراده في العالم بنجاح أكثر من أي فرع آخر مثل البوجونوفورا، pogonophora (كلاء، أنت فيما يحتمل لم تسمع عن هذه المخلوقات الغامضة التي تشبه الديدان، وهناك سبب لذلك: فهي تشكل فرعا غير ناجح!). انتخاب الفرع لا يتضمن أن على الأفرع أن تتنافس أحدها مع الآخر. الحشرات لا تنافس البوجونوفورا، أو هي على الأقل لا تنافسها بطريقة مباشرة على الطعام أو للخبز أو أي من الموارد الأخرى. ولكن العالم مليء بالحشرات، ويكاد يخلو من البوجونوفورا، وهناك ما يغرينا بصواب إلى أن نعزو نجاح الحشرات إلى بعض ما لديها من ملامح. وفيما أخمن فإن هذا له بعض علاقة بإمبريولوجيتها التي تجعلها قابلة للتطور. في فصل بكتابي "تسلق جبل غير

المحتمل" عنوانه "الأجنة المشكالية" (*) طرحت اقتراحات مختلفة لملاح حاصة تؤدي إلى القابلية للتطور، بما في ذلك قيود "السمتية"، وكذلك معمار الوحدات المتكررة مثل تخطيط الجسم في "حلقات". ربما يكون معمار الوحدات الحلقية جزءا من السبب في أن فرع المفصليات⁽¹⁾ بارع في التطور، وفي إظهار التغيرات في اتجاهات مختلفة، وفي إحداث تنوع، وفي انتهاز الفرص لملأ المواقع البيئية عندما تكون مباحة. الفروع الأخرى قد تكون ناجحة بما يماثل ذلك لأن إمبريولوجياتها مقيدة بالتنامي في شكل صورة مرآة في المستويات المختلفة⁽²⁾. الفروع التي نراها وهي تحشد أفرانها في الأراضي والبحار هي الفروع البارعة في التطور. يحدث في انتخاب الفروع أن الفروع الفاشلة تنقرض، أو تفشل في التنوع حتى تواجه التحديات المختلفة: وهكذا فإنها تنوى وتبيد. الفروع الناجحة تزدهر وتنمو كالأوراق فوق شجرة نشأة وتطور الأنواع. هناك إغواء بأن ينظر إلى انتخاب الفروع على أنه يشابه الانتخاب الطبيعي الدارويني. ينبغي مقاومة هذا الإغواء، أو ينبغي على الأقل للعمل على التحذير منه. أوجه التشبه السطحية يمكن أن يكون فيها تضليل فعال.

(*) المشاكل (الكاليدوسكوب) أداة تحوى قطعا متحركة من زجاج ملون تعطى عند تغيير أوضاعها تكوينات لا حصر لها من أشكال هندسية مختلفة الألوان، وشيء مشكالي تعنى أن له مشهد متغير. (المترجم)

(1) فرع المفصليات أى الحشرات والقشريات، والعناكب، والتمنيية (أم أربعة وأربعين)، إلح
(2) مثال ذلك أن طفرة في ساق بدودة ألفية ستكون لها صورة مرآة في الجنين، وربما تتكرر أيضا بطول الجسم. على الرغم من أن هذه طفرة واحدة، إلا أن العمليات الإمبريولوجية تنفيها بأن تتكرر مرات كثيرة على اليسار واليمين. قد يبدو لأول وهله وجود تناقض في أن أحد العيوب ينبغي أن يزيد من الانتشار التطوري لأحد الأفرع وسبب ذلك قد أوضحناه في الفصل بعنه من كتاب "تسلق جبل غير المحتمل"، فصل "الأجنة المشكالية".

حقيقة وجودنا نفسه تكاد تكون مذهلة بأكثر مما يحتمل. ويمثل ذلك حقيقة أننا محاطون بمنظومة إيكولوجية غنية من حيوانات تشبهنا تقريبا شبها وثيقا، ونباتات أقل شبها بنا وإن كنا نعتمد عليها اعتمادا أساسيا للتغذية، وبكتريا تشبه أسلافنا البعيدة والتي سوف نعود إليها جميعا عندما نبلى وينتهى أجلنا. كان داروين متقدما لحد بعيد عن زمانه في فهمه لعظم حجم مشكلة وجودنا، وكذلك في وقوعه على حل لها. وكان داروين متقدما أيضا إلى حد كبير عن زمانه في إدراكه للاعتماد المتبادل بين الحيوانات والنباتات وكل الكائنات الأخرى، وهو اعتماد متبادل في علاقات ذات تشابك معقد بما يذهل أى تصور. كيف يحدث أننا نجد أنفسنا ونحس لسنا موجودين فحسب، وإنما محاطون بمثل هذا للتعقد، وهذا الرونق، وهذه الأشكال التى لا نهاية لها والتي فى غاية الجمال والروعة؟

الإجابة هي كالتالى. لا يمكن أن تكون الأمور على غير ذلك، ما دمنا قادرين بأى حال على أن نلاحظ وجودنا، وأن نلقى الأسئلة حوله. وكما يبين لنا علماء الكونيات، فإنه ليس من باب الصدفة أننا نرى نجوما فى سماننا. ربما يكون هناك أكوام لا توجد فيها نجوم، لكون لها قوانين فيزياء وثوابت تؤدي إلى أن نترك الهيدروجين الأولى منتشرة فى تساو ولا يتركز فى نجوم. إلا أنه لا يوجد أحد يلحظ تلك الأكوام، لأن الكائنات القادرة على أن تلاحظ أى شيء لا تستطيع أن تتطور من غير نجوم. الأمر لا يقتصر على أن الحياة تحتاج على الأقل لنجم واحد يوفر الطاقة. فالنجوم هي أيضا الأفران التى تصاغ فيها أغلبية العناصر الكيميائية، ونحن لا يمكننا أن نحوز أى حياة بدون كيمياء ثرية. نستطيع أن نستعرض قوانين الفيزياء، واحدا بعد الآخر، ونقول الشيء نفسه عنها كلها: ليس من باب الصدفة أننا نرى...

يصدق الأمر نفسه على البيولوجيا. ليس من باب الصدفة أننا نرى الخضرة أينما ننظر تقريبا. ليس من باب الصدفة أننا نجد أنفسنا قابعين فوق غصن واحد ضئيل وسط شجرة الحياة المزدهرة النامية؛ ليس من باب الصدفة أننا محاطون بملايين من الأنواع الأخرى التي تأكل، وتتمو، وتتغفن، وتسبح، وتمشي، وتطير، وتحفر الجحور، وتتسلل خلسة، وتطارد، وتهرب، وتتفوق في السرعة، وتتفوق في البديهة. لولا أن النباتات الخضراء تفوقنا عددا بما لا يقل عن نسبة العشرة إلى الواحد، لما كانت هناك طاقة تزودنا بالقوة. لولا سباقات التسلح التي تتصاعد أبدا بين المفترسين والفرائس، وبين الطفيليات وعائلتها، ولولا ما قاله داروين عن "حرب الطبيعة" و"المجاعة والموت" لن يكون هناك وجود لأجهزة عصبية لها القدرة على أن ترى أى شىء مطلقا، ناهيك عن إدراكه وفهمه. نحن محاطون بأشكال لا نهاية لها غاية في الجمال والروعة، وليس هذا من باب الصدفة، ولكنه نتيجة تترتب مباشرة على التطور بواسطة الانتخاب الطبيعي اللاعشوائى - اللعبة الوحيدة في المدينة، أعظم استعراض فوق الأرض.

المراجع ولزید من القراءة

- Adams, D. and Carwardine, M. 1991. *Last Chance to See*. London: Pan.
- Atkins, P. W. 1984. *The Second Law*. New York: Scientific American.
- Atkins, P. W. 1995. *The Periodic Kingdom*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Atkins, P. W. 2001. *The Elements of Physical Chemistry: With Applications in Biology*. New York: W. H. Freeman.
- Atkins, P. W. and Jones, L. 1997. *Chemistry: Molecules, Matter and Change*, 3rd rev. edn. New York: W. H. Freeman.
- Ayala, F. J. 2006. *Darwin and Intelligent Design*. Minneapolis: Fortress.
- Bai ash, D. P. and Barash, N. R. 2005. *Madame Bovary's Ovaries: A Darwinian Look at Literature*. New York: Delacorte.
- Barlow, G. W. 2002. *The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution*, 1st pb edn. Cambridge, Mass.: Basic Books.
- Berry, R. J. and Hallam, A. 1986. *The Collins Encyclopedia of Animal Evolution*. London: Collins.
- Bodmer, W. and McKie, R. 1994. *The Book of Man: The Quest to Discover Our Genetic Heritage*. London: Little, Brown.
- Brenner, S. 2003. 'Nature's gift to science', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 274–82. Stockholm: The Nobel Foundation.
- Brooks, A. C. and Buss, L. O. 1962. 'Trend in tusk size of the Uganda elephant', *Mammalia*, 26, 10–34.
- Browne, J. 1996. *Charles Darwin*, vol. 1: *Voyaging*. London: Pimlico.
- Browne, J. 2003. *Charles Darwin*, vol. 2: *The Power of Place*. London: Pimlico.
- Cain, A. J. 1954. *Animal Species and their Evolution*. London: Hutchinson.
- Cairns-Smith, A. G. 1985. *Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carroll, S. B. 2006. *The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic Record of Evolution*. New York: W. W. Norton.
- Censky, E. J., Hodge, K. and Dudley, J. 1998. 'Over-water dispersal of lizards due to hurricanes', *Nature*, 395, 556.
- Charlesworth, B. and Charlesworth, D. 2003. *Evolution: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Clack, J. A. 2002. *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods*. Bloomington: Indiana University Press.

- Comins, N. F. 1993. *What If the Moon Didn't Exist? Voyages to Earths that Might Have Been*. New York: HarperCollins.
- Conway Morris, S. 2003. *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Coppinger, R. and Coppinger, L. 2001. *Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behaviour and Evolution*. New York: Scribner.
- Cott, H. B. 1940. *Adaptive Coloration in Animals*. London: Methuen.
- Coyne, J. A. 2009. *Why Evolution is True*. Oxford: Oxford University Press.
- Coyne, J. A. and Orr, H. A. 2004. *Speciation*. Sunderland, MA: Sinauer.
- Crick, F. H. C. 1981. *Life Itself: Its Origin and Nature*. London: Macdonald.
- Cronin, H. 1991. *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Damon, P. E.; Donahue, D. J.; Gore, B. H.; Hatheway, A. L.; Jull, A. J. T.; Linick, T. W.; Sercel, P. J.; Toolin, L. J.; Bronk, R.; Hall, E. T.; Hedges, R. E. M.; Housley, R.; Law, I. A.; Perry, C.; Bonani, G.; Trumbore, S.; Woelfli, W.; Ambers, J. C.; Bowman, S. G. E.; Leese, M. N.; and Tite, M. S. 1989. 'Radiocarbon dating of the Shroud of Turin', *Nature*, 337, 611–15.
- Darwin, C. 1845. *Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N.*, 2nd edn. London: John Murray.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, 1st edn. London: John Murray.
- Darwin, C. 1868. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, 2 vols. London: John Murray.
- Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, 2 vols. London: John Murray.
- Darwin, C. 1872. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: John Murray.
- Darwin, C. 1882. *The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects*. London: John Murray.
- Darwin, C. 1887a. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 1. London: John Murray.
- Darwin, C. 1887b. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 2. London: John Murray.
- Darwin, C. 1887c. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 3. London: John Murray.
- Darwin, C. 1903. *More Letters of Charles Darwin: A Record of his Work in a Series of Hitherto Unpublished Letters*, 2 vols. London: John Murray.
- Darwin, C. and Wallace, A. R. 1859. 'On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection', *Journal of the Proceedings of the Linnean Society (Zoology)*, 3, 45–62.
- Davies, N. B. 2000. *Cuckoos, Cowbirds and Other Cheats*. London: T. & A. D. Poyser.
- Davies, P. C. W. 1998. *The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life*. London: Allen Lane, The Penguin Press.

- Davies, P. C. W. and Lineweaver, C. H. 2005. 'Finding a second sample of life on earth', *Astrobiology*, 5, 154–63.
- Dawkins, R. 1986. *The Blind Watchmaker*. London: Longman.
- Dawkins, R. 1989. 'The evolution of evolvability', in C. E. Langton, ed., *Artificial Life*, 201–20. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Dawkins, R. 1995. *River Out of Eden*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Dawkins, R. 1996. *Climbing Mount Improbable*. London: Viking.
- Dawkins, R. 1998. *Unweaving the Rainbow*. London: Penguin.
- Dawkins, R. 1999. *The Extended Phenotype*, rev. edn. Oxford: Oxford University Press.
- Dawkins, R. 2004. *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Dawkins, R. 2006. *The Selfish Gene*, 30th anniversary edn. Oxford: Oxford University Press. (First publ. 1976.)
- Dawkins, R. and Krebs, J. R. 1979. 'Arms races between and within species', *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 205, 489–511.
- de Panafieu, J.-B. and Gries, P. 2007. *Evolution in Action: Natural History through Spectacular Skeletons*. London: Thames & Hudson.
- Dennett, D. 1995. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. London: Allen Lane.
- Desmond, A. and Moore, J. 1991. *Darwin: The Life of a Tormented Evolutionist*. London: Michael Joseph.
- Diamond, J. 1991. *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee: Evolution and Human Life*. London: Radius.
- Domning, D. P. 2001. 'The earliest known fully quadrupedal sirenian', *Nature*, 413, 625–7.
- Dubois, E. 1935. 'On the gibbon-like appearance of *Pithecanthropus erectus*', *Proceedings of the Section of Sciences of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, 38, 578–85.
- Dudley, J. W. and Lambert, R. J. 1992. 'Ninety generations of selection for oil and protein in maize', *Maydica*, 37, 81–7.
- Eltz, T.; Roubik, D. W.; and Lunau, K. 2005. 'Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees', *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59, 149–56.
- Endler, J. A. 1980. 'Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*', *Evolution*, 34, 76–91.
- Endler, J. A. 1983. 'Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes', *Environmental Biology of Fishes*, 9, 173–90.
- Endler, J. A. 1986. *Natural Selection in the Wild*. Princeton: Princeton University Press.
- Fisher, R. A. 1999. *The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition*. Oxford: Oxford University Press.
- Fortey, R. 1997. *Life: An Unauthorised Biography. A Natural History of the First Four Thousand Million Years of Life on Earth*. London: HarperCollins.
- Fortey, R. 2000. *Trilobite: Eyewitness to Evolution*. London: HarperCollins.

- Futuyma, D. J. 1998. *Evolutionary Biology*, 3rd edn. Sunderland, Mass.: Sinauer.
- Gillespie, N. C. 1979. *Charles Darwin and the Problem of Creation*. Chicago: University of Chicago Press.
- Goldschmidt, T. 1996. *Darwin's Dreampond: Drama in Lake Victoria*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Gould, S. J. 1977. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Gould, S. J. 1978. *Ever since Darwin: Reflections in Natural History*. London: Burnett Books / Andre Deutsch.
- Gould, S. J. 1983. *Hen's Teeth and Horse's Toes*. New York: W. W. Norton.
- Grafen, A. 1989. *Evolution and its Influence*. Oxford: Clarendon Press.
- Gribbin, J. and Cherfas, J. 2001. *The First Chimpanzee: In Search of Human Origins*. London: Penguin.
- Haeckel, E. 1974. *Art Forms in Nature*. New York: Dover.
- Haldane, J. B. S. 1985. *On Being the Right Size and Other Essays*. Oxford: Oxford University Press.
- Hallam, A. and Wignall, P. B. 1997. *Mass Extinctions and their Aftermath*. Oxford: Oxford University Press.
- Hamilton, W. D. 1996. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. 1: *Evolution of Social Behaviour*. Oxford: W. H. Freeman / Spektrum.
- Hamilton, W. D. 2001. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. 2: *Evolution of Sex*. Oxford: Oxford University Press.
- Harrison, D. F. N. 1980. 'Biomechanics of the giraffe larynx and trachea', *Acta Oto Laryngology and Otolaryngology*, 89, 258–64.
- Harrison, D. F. N. 1981. 'Fibre size frequency in the recurrent laryngeal nerves of man and giraffe', *Acta Oto-Laryngology and Otolaryngology*, 91, 383–9.
- Helmholtz, H. von. 1881. *Popular Lectures on Scientific Subjects*, 2nd edn, trans. E. Atkinson. London: Longmans.
- Herrel, A.; Huyghe, K.; Vanhooydonck, B.; Backeljau, T.; Breugelmans, K.; Grbac, I.; Van Damme, R.; and Irschick, D. J. 2008. 'Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 4792–5.
- Herrel, A.; Vanhooydonck, B.; and Van Damme, R. 2004. 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or constraint?' *Journal of Evolutionary Biology*, 17, 974–84.
- Horvitz, H. R. 2003. 'Worms, life and death', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 320–51. Stockholm: The Nobel Foundation.
- Huxley, J. 1942. *Evolution: The Modern Synthesis*. London: Allen & Unwin.
- Huxley, J. 1957. *New Bottles for New Wine: Essays*. London: Chatto & Windus.
- Ji, Q.; Luo, Z.-X.; Yuan, C.-X.; Wible, J. R.; Zhang, J.-P.; and Georgi, J. A. 2002. 'The earliest known eutherian mammal', *Nature*, 416, 816–22.
- Johanson, D. and Edgar, B. 1996. *From Lucy to Language*. New York: Simon & Schuster.

- Johanson, D. C. and Edey, M. A. 1981. *Lucy: The Beginnings of Humankind*. London: Granada.
- Jones, S. 1993. *The Language of the Genes: Biology, History and the Evolutionary Future*. London: HarperCollins.
- Jones, S. 1999. *Almost Like a Whale: The Origin of Species Updated*. London: Doubleday.
- Joyce, W. G. and Gauthier, J. A. 2004. 'Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins', *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 271, 1–5.
- Keynes, R. 2001. *Annie's Box: Charles Darwin, his Daughter and Human Evolution*. London: Fourth Estate.
- Kimura, M. 1983. *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kingdon, J. 1990. *Island Africa*. London: Collins.
- Kingdon, J. 1993. *Self-Made Man and his Undoing*. London: Simon & Schuster.
- Kingdon, J. 2003. *Lowly Origin: Where, When, and Why our Ancestors First Stood Up*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Kitcher, P. 1983. *Abusing Science: The Case Against Creationism*. Milton Keynes: Open University Press.
- Leakey, R. 1994. *The Origin of Humankind*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Leakey, R. and Lewin, R. 1992. *Origins Reconsidered: In Search of What Makes Us Human*. London: Little, Brown.
- Leakey, R. and Lewin, R. 1996. *The Sixth Extinction: Biodiversity and its Survival*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Lenski, R. E. and Travisano, M. 1994. 'Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 6808–14.
- Li, C.; Wu, X.-C.; Rieppel, O.; Wang, L.-T.; and Zhao, L.-J. 2008. 'An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China', *Nature*, 456, 497–501.
- Lorenz, K. 2002. *Man Meets Dog*, 2nd edn. London: Routledge.
- Malthus, T. R. 2007. *An Essay on the Principle of Population*. New York: Dover (First publ. 1798.)
- Marchant, J. 1916. *Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences*, vol. 1. London: Cassell.
- Martin, J. W. 1993. 'The samurai crab', *Terra*, 31, 30–4.
- Maynard Smith, J. 2008. *The Theory of Evolution*, 3rd edn. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayr, E. 1963. *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Medawar, P. B. 1982. *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.
- Mendel, G. 2008. *Experiments in Plant Hybridisation*. New York: Cosimo Classics.

- Meyer, R. L. 1998. 'Roger Sperry and his chemoaffinity hypothesis', *Neuropsychologia*, 36, 957–80.
- Miller, J. D., Scott, E. C.; and Okamoto, S. 2006. 'Public acceptance of evolution', *Science*, 313, 765–6.
- Muller, K. R. 1999. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution*. New York: Cliff Street Books.
- Miller, K. R. 2008. *Only a Theory: Evolution and the Battle for America's Soul*. New York: Viking.
- Monod, J. 1972. *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*. London: Collins.
- Morris, D. 2008. *Dogs: The Ultimate Dictionary of Over 1,000 Dog Breeds*. London: Trafalgar Square.
- Morton, O. 2007. *Eating the Sun: How Plants Power the Planet*. London: Fourth Estate.
- Nesse, R. M. and Williams, G. C. 1994. *The Science of Darwinian Medicine*. London: Orion.
- Odell, G. M.; Oster, G.; Burnside, B.; and Alberch, P. 1980. 'A mechanical model for epithelial morphogenesis', *Journal of Mathematical Biology*, 9, 291–5.
- Owen, D. F. 1980. *Camouflage and Mimicry*. Oxford: Oxford University Press.
- Owen, R. 1841 'Notes on the anatomy of the Nubian giraffe (*Camelopardalis*)', *Transactions of the Zoological Society of London*, 2, 217–48.
- Owen, R. 1849 'Notes on the birth of the giraffe at the Zoological Society's gardens, and description of the foetal membranes and some of the natural and morbid appearances observed in the dissection of the young animal', *Transactions of the Zoological Society of London*, 3, 21–8.
- Owen, R. B.; Crossley, R.; Johnson, T. C.; Tweddle, D.; Kornfield, I.; Davison, S.; Eccles, D. H.; and Engstrom, D. E. 1989. 'Major low levels of Lake Malawi and their implications for speciation rates in cichlid fishes', *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 240, 519–53.
- Oxford English Dictionary, 2nd edn, 1989. Oxford: Oxford University Press.
- Pagel, M. 2002. *Encyclopedia of Evolution*, 2 vols. Oxford: Oxford University Press.
- Penny, D.; Foulds, L. R.; and Hendy, M. D. 1982. 'Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences', *Nature*, 297, 197–200.
- Pringle, J. W. S. 1948. 'The gyroscopic mechanism of the halteres of Diptera', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 223, 347–84.
- Prothero, D. R. 2007. *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters*. New York: Columbia University Press.
- Quammen, D. 1996. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. London: Hutchinson.
- Reisz, R. R. and Head, J. J. 2008. 'Palaeontology: turtle origins out to sea', *Nature*, 456, 450–1.
- Reznick, D. N.; Shaw, F. H.; Rodd, H.; and Shaw, R. G. 1997. 'Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (*Poecilia reticulata*)', *Science*, 275, 1934–7.

- Ridley, Mark 1994. *A Darwin Selection*, 2nd rev. edn. London: Fontana
- Ridley, Mark 2000. *Mendel's Demon: Gene Justice and the Complexity of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Ridley, Mark 2004. *Evolution*, 3rd edn. Oxford: Blackwell.
- Ridley, Matt 1993. *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature*. London: Viking.
- Ridley, Matt 1999. *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters*. London: Fourth Estate.
- Ruse, M. 1982. *Darwinism Defended: A Guide to the Evolution Controversies*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Sagan, C. 1981. *Cosmos*. London: Macdonald.
- Sagan, C. 1996. *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. London: Headline.
- Sarich, V. M. and Wilson, A. C. 1967. 'Immunological time scale for hominid evolution', *Science*, 158, 1200–3.
- Schopf, J. W. 1999. *Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils*. Princeton: Princeton University Press.
- Schuenke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; and Rude, J. 2006. *Atlas of Anatomy* Stuttgart: Thieme.
- Sclater, A. 2003. 'The extent of Charles Darwin's knowledge of Mendel', *Georgia Journal of Science*, 61, 134–7.
- Scott, E. C. 2004. *Evolution vs. Creationism: An Introduction*. Westport, Conn.: Greenwood.
- Shermer, M. 2002. *In Darwin's Shadow: The Life and Science of Alfred Russel Wallace*. Oxford: Oxford University Press.
- Shubin, N. 2008. *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5 Billion-Year History of the Human Body*. London: Allen Lane.
- Sibson, F. 1848. 'On the blow-hole of the porpoise', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 138, 117–23.
- Simons, D. J. and Chabris, C. F. 1999. 'Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events', *Perception*, 28, 1059–74
- Simpson, G. G. 1953. *The Major Features of Evolution*. New York: Columbia University Press.
- Simpson, G. G. 1980. *Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals*. New Haven: Yale University Press.
- Skelton, P. 1993. *Evolution: A Biological and Palaeontological Approach*. Wokingham: Addison-Wesley.
- Smith, J. L. B. 1956. *Old Fourlegs: The Story of the Coelacanth*. London: Longmans.
- Smolin, L. 1997. *The Life of the Cosmos*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Soll, D. and Rajbhandary, U. L. 2006. 'The genetic code – thawing the "frozen accident"', *Journal of Biosciences*, 31, 459–63.
- Southwood, R. 2003. *The Story of Life*. Oxford: Oxford University Press.
- Stringer, C. and McKie, R. 1996. *African Exodus: The Origins of Modern Humanity*. London: Jonathan Cape.

- Sulston, J. E. 2003. 'C. elegans: the cell lineage and beyond', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 363–81. Stockholm: The Nobel Foundation.
- Sykes, B. 2001. *The Seven Daughters of Eve: The Science that Reveals our Genetic Ancestry*. London: Bantam.
- Thompson, D. A. W. 1942. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Thompson, S. P. and Gardner, M. 1998. *Calculus Made Easy: Being a Very-Simplest Introduction to Those Beautiful Methods of Reckoning Which Are Generally Called by the Terrifying Names of the Differential Calculus and the Integral Calculus*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Thomson, K. S. 1991. *Living Fossil: The Story of the Coelacanth*. London: Hutchinson Radius.
- Trivers, R. 2002. *Natural Selection and Social Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Trut, L. N. 1999. 'Early canid domestication: the farm-fox experiment', *American Scientist*, 87, 160–9.
- Tudge, C. 2000. *The Variety of Life: A Survey and a Celebration of All the Creatures that Have Ever Lived*. Oxford: Oxford University Press.
- Wallace, A. R. 1871. *Contributions to the Theory of Natural Selection: A Series of Essays*. London: Macmillan.
- Weiner, J. 1994. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in our Time*. London: Jonathan Cape.
- Wickler, W. 1968. *Mimicry in Plants and Animals*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Williams, G. C. 1966. *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought*. Princeton: Princeton University Press.
- Williams, G. C. 1992. *Natural Selection: Domains, Levels, and Challenges*. Oxford: Oxford University Press.
- Williams, G. C. 1996. *Plan and Purpose in Nature*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Williams, R. 2006. *Unintelligent Design: Why God Isn't as Smart as She Thinks She Is*. Sydney: Allen & Unwin.
- Wilson, E. O. 1984. *Biophilia*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wilson, E. O. 1992. *The Diversity of Life*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Wolpert, L. 1991. *The Triumph of the Embryo*. Oxford: Oxford University Press.
- Wolpert, L.; Beddington, R.; Brockes, J.; Jessell, T.; Lawrence, P.; and Meyerowitz, E. 1998. *Principles of Development*. London and Oxford: Current Biology / Oxford University Press.
- Young, M. and Edis, T. 2004. *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Zimmer, C. 1998. *At the Water's Edge: Macroevolution and the Transformation of Life*. New York: Free Press.
- Zimmer, C. 2002. *Evolution: The Triumph of an Idea*. London: Heinemann.

معجم إنجليزي عربي

A
- <i>Analogue</i> متناظر: تماثل في وظيفة مشتركة لا يرجع لسلف مشترك، مثل جناح الحشرة وجناح الحفاش.
- <i>Apoptosis</i> الموت المبرمج للخلية.
- <i>Archaea</i> الأركيات: ميكروبات سحيقة القدم، يقوم رنا بدور أساسي في تكاثرها، وقد تكون أقدم أشكال الحياة.
- <i>Astigmatism</i> اللابؤرية، استحمية: عيب في العدسات عموماً أو في قرنية العين، حيث يؤدي عدم استواء انحناءها إلى عدم القدرة على تركيز الضوء في نقطة أو بؤرة واحدة، بما يؤدي إلى رؤية غير واضحة.
- <i>Axon</i> محوار: امتداد من الخلية العصبية يقوم عادة بنقل النبضات العصبية بعيداً خارج الخلية.
B
- <i>Bedrock</i> صخر الأديم: الصخر الصلب الموجود تحت مواد رخوة كالطين والرمل والتربة.
- <i>Blastula</i> الأريمة، البلاستولا: مرحلة مبكرة من تنامي الجنين، تتكون من كرة من الخلايا لا تزال بالحجم الأصلي للبويضة المخصبة.
- <i>Blueprint</i> طبقة التصميم الزرقاء: صورة فوتوغرافية لتصميم معماري أو ميكانيكي على

ورق أزرق، يتم منها تنفيذ التصميم في بناء معمارى مثلاً أو ماكينة.

C

- *Cadherins*

كادهرينات: جزيئات لصق الخلايا في الفقاريات تعتمد في عملها على الكالسيوم.

- *Canopy*

ظلة: مثل ظلة الغابة التي يسببها تشابك قمم الأشجار.

- *Capsomeres*

قسيمات الغلاف: تجمع وحدات بروتينية لتشكل جزءاً من بعض الفيروسات.

- *Chloroplast*

كلوروبلاست: حبيبة تحمل الكلورفيل في النباتات والطحالب.

- *Clade*

فرع، نقرع: مجموعة من الكائنات الحية تطورت من سلف مشترك.

- *Clade selection*

الانتخاب الفرعي، انتخاب الفرع: نوع من آليات التطور بطريقة تختلف عن الانتخاب الطبيعي.

- *Cladists*

أتباع المذهب الفرعي: مذهب في التاكسونوميا يصنف الكائنات الحية حسب الخصائص المشتركة التي تميز إحدى المجموعات عن الأخرى.

E

- *Ecology*

إيكولوجيا: فرع البيولوجيا الذي يدرس العلاقة بين الكائنات الحية وبيئتها.

- *Ecosystem*

منظومة إيكولوجية:

- *Ectoderm*

أديم خارجي: طبقة في تنامي الجنين.

- *Endoderm*

أديم داخلي: طبقة في تنامي الجنين.

- *End organ*

عضو الانتهاء: عضو ينتهي إليه العصب.

- Epigenesis

التخلق المتعاقب: نظرية بأن الجنين يتكون بسلسلة من الأشكال المتعاقبة، وتتاقص بذلك نظرية التخلق السبقى التي تنص على أن كل أعضاء الجنين موجودة مسبفاً في الخلية الحرثومية (*preformation*).

- Epigenetics

وراثيات إضافية: تغيرات في مظهر الجين ناتجة عن ميكانيزمات أخرى غير تغيرات DNA.

G

- Gastrulation

تحوصل فوهى: مرحلة في تنامي أجزاء من الجنين.

H

- Habitat

مأوى بيئى، موطن بيئى.

- Homeomorphic

تأطر الأجزاء: تماثل تشريحي في أحد الأجزاء في حيوانات متعددة مثل يد الحفاش ويد الإنسان، بما يدل على وجود سلف مشترك.

- Homeotic genes

جينات تحديد الموضع: جينات تحدد موضع الأعضاء في الجنين ومحاور تناميها.

- Homology

تساكل: تماثل موروث من سلف مشترك، بخلاف التماثلات التي ترجع لوظائف مشتركة وليس لسلف مشترك مثل؛ جناح الحشرة وجناح الحفاش.

I

- Ichneumonid wasp

الدبور النمس.

- Invagination

انغماد: إحدى آليات تنامي الجنين.

K**- Kaleidoscope**

المشكال، الكاليدوسكوب: أداة تحوى قطعاً متحركة من زجاج ملون تعطى عند تحريكها أشكالاً لا حصر لها.

L**- Linear regression**

الارتداد المستقيم، الانحدار المستقيم، (إحصاء).

M**- Marginal cost**

تكلفة حدية (اقتصاد): الزيادة في التكاليف الكلية لإحدى المؤسسات بسبب إنتاج وحدة رائدة من المخرج.

- Marsupials

كيسيات، حرايات: ثدييات تولد صغارها غير مكتملة، فتحمل عادة في كيس لدى الأنثى، وتوجد عادة في أمريكا أو أستراليا، مثل حيوان الكنغر.

- Mesoderm

أديم أوسط: طبقة في تنامي الجنين.

- Mitochondria

ميتوكوندريا: إحدى العضيات في سيتوبلازم الخلية، ولها دور مهم في إنتاج الطاقة للخلية.

N**- Nematode**

دودة حيطية.

- Neuron

عصبون: خلية عصبية وزوائدها، خلية متخصصة في نقل النبضات العصبية.

- Neurulation

تكوين أنبوبة الأعصاب: مرحلة في تنامي الجنين.

O**- Optic vesicle**

حويصلة بصرية: تكوين في تنامي الأجنة.

P	
- Pharyngeal arches	أقواس بلعومية: تكوينات في تنامي الجنين.
- Photon	فوتون: كم من أشعة الضوء أو غيرها من الأشعة الكهرومغناطيسية.
- Phylogenetic tree	الشجرة التطورية للسلالة: تاريخ الأنساب.
- Preformation	التخلق السبقى: التكوين المسبق للأجنة.
R	
- Redwood	شجر الحبار: شجر صنوبرى ضخمة يكثر في أمريكا في كاليفورنيا، ولون خشبه أحمر، وقد يصل طوله إلى ١٠٠ متر، ويعمر طويلا.
S	
- Scavengers	القممامات: حيوانات تقتات على الجيف والفضلات.
- Smokers	دحائيات: كائنات تقطن في أعماق المحيط، وتستمد طاقتها من مصادر بركانية وليس من الشمس.
- Speciation	نوع: تكوين أنواع جديدة تتطور من أنواع قديمة.
- Spontaneous generation	التولد التلقائى أو الذاتى: نظرية بإمكان تولد كائنات حية تلقائيا من مادة ميتة.
- Sympatric speciation	تنوع مع التداخل: تداخل جغرافى بين منطقة النوع الجديد والنوع الأصلي.
T	
- Teleosts	العظميات: الأسماك العظمية وتشمل معظم السمك.
V	
- Vas deferens	الأسهر - قناة نقل المنى.

معجم عربى إنجليزى^(*)

	(أ)
<i>Mesoderm</i>	- أديم أوسط:
<i>Ectoderm</i>	- أديم خارجى:
<i>Endoderm</i>	- أديم داخلى:
<i>Linear regression</i>	- الارتداد المستقيم، الانحدار المستقيم: (إحصاء)
<i>Archaea</i>	- الأركيات، السحيقات:
<i>Blastula</i>	- الأريمة، بلاستولا:
<i>Vas deferens</i>	- الأسهر، قناة نقل المنى :
<i>Pharyngeal arches</i>	- أقواس بلعومية :
<i>Clade selection</i>	- انتخاب تفرعى:
<i>Astigmatism</i>	- انحراف البؤرة الاستحى :
<i>Invagination</i>	- انغماد :
<i>Ecology</i>	- إيكولوجيا :
	(ت)
<i>Gastrulation</i>	- تحوصل فوهى (أجنة)::
<i>Epigenesis</i>	- تخلق متعاقب (أجنة):
<i>Preformation</i>	- تخلق سبقى، تكوين مسبق :
<i>Homology</i>	- تشاكل:
<i>Cladists</i>	- تفرعيون:

(*) ترد في هذا المعجم الكلمة وترجمتها دون شرح تفصيلي، حيث إن هذا الشرح سبق ذكره في المعجم الإنجليزي العربى. (المترجم)

<i>Marginal cost</i>	- تكلفة حدية (اقتصاد):
<i>Neurulation</i>	- تكوين أنبوبة الأعصاب (أجنة):
<i>Homeomorphic</i>	- تناظر الأجزاء :
<i>Speciation</i>	- تنوع:
<i>Sympatric speciation</i>	- تنوع مع التداخل (الجغرافي) :
<i>Spontaneous generation</i>	- التولد التلقائي، التولد الذاتي:
	(ج)
<i>Homeotic genes</i>	- جينات تحديد الموضع :
	(ح)
<i>Optic vesicle</i>	- حويصلة بصرية (أجنة):
	(د)
<i>Ichneumonid wasp</i>	- الدبور النمس:
<i>Smokers</i>	- الدحانيات (بيولوجيا) :
<i>Nematode</i>	- الدودة الحيطية :
	(ش)
<i>Phylogenetic tree</i>	- الشجرة التطورية للسلالة، شجرة تاريخ الأنساب:
<i>Redwood</i>	- شجرة الحبارة:
	(ص)
<i>Bedrock</i>	- صخر الأديم:
	(ع)
<i>Neuron</i>	- عصبون :
<i>End organ</i>	- عضو الانتهاء:
<i>Teleosts</i>	- عظميات، أسماك عظمية :
	(ف)
<i>Clade</i>	- فرع (تاكسونوميا):

Photon	- فوتون:
	(ق)
Capsomeres	- قسيمات الغلاف (تبلور):
Scavengers	- القمامات:
	(ك)
Cadherins	- كادهرينات:
Kaleidoscope	- كاليدوسكوب، مشكال:
Chloroplast	- كلوروبلاست:
Marsupials	- الكيسيات - الجرابيات:
	(م)
Habitat	- مئوى بيئى، موطن بيئى، مأوى بيئى:
Axon	- محوار:
Ecosystem	- منظومة ايكولوجية:
Mitochondria	- ميتوكوندريا:
Epigenetics	- وراثيات إضافية:
Apoptotic	- الموت المبرمج للخلية:

المؤلف في سطور:

ريتشارد دو كتر

من كبار علماء البيولوجيا والحيوان في إنجلترا. وهو زميل في الجمعية الملكية (للعلوم) وكذلك في الجمعية الملكية للآداب. وقد تلقى الكثير من الجوائز ومظاهر الحفاوة والتكريم في مجالي العلوم والأدب معاً. شغل دو كتر كرسي الأستاذية لفهم الجماهير للعلم بجامعة أوكسفورد حتى وصوله إلى سن التقاعد ٢٠٠٨. دو كتر من أشد المتحمسين للداروينية وأغلب كتبه تتناول تراث داروين العلمي وما تلاه من مدارس الداروينية الجديدة.


المترجم في سطور:

مصطفى إبراهيم فهمي

- دكتوراه في الكيمياء الإكلينيكية جامعة لندن.
- عضو لجان المجلس الأعلى للثقافة.
- عضو مجلس أمناء المركز القومي للترجمة.
- ترجم ما يزيد عن ستين كتاباً في الثقافة العلمية.
- فاز بعدة جوائز عن ترجمة الثقافة العلمية.

التصحيح اللغوي : محمد شابي

الإشراف الفني : محسن مصطفى



يعد ريتشارد دوكنز مؤلف هذا الكتاب من كبار علماء البيولوجيا والحيوان في إنجلترا ويعمل أستاذًا في جامعة أوكسفورد. وقد دهش دوكنز لوجود مثل هذه النسبة من منكرى حقيقة التطور ومن المؤمنين حرفيًا بسفر التكوين باعتباره مصدرًا للتاريخ، ويصف دوكنز هؤلاء "التكوينيين" بأنهم "منكرو التاريخ" الحقيقي، الذي أثبتته العلوم الحديثة. يشن دوكنز في هذا الكتاب هجومًا عنيفًا على منكرى حقيقة التطور أو منكرى التاريخ، ويوضح بالأدلة والبراهين الجازمة رسوخ حقيقة التطور وسخافة مزاعم منكريه، ويستمد أدلته وبراهينه من الأمثلة الحية للانتخاب الطبيعي، ومن الأدلة الواضحة في سجل الحفريات، ومن الطول الهائل لعمر الكون الذي تم التطور فيه، كما تقيسه الساعات الطبيعية مثل حلقات الأشجار والنظائر المشعة. كما أن هناك أدلة حاسمة مستمدة من علم الوراثة الجزيئية، الذي يبحث ويقارن الوراثة على مستوى الجزيئات الكيميائية في الكائنات الحية.